



Precisionssodling '98

**Seminarium och utställning i Skara
den 10 mars 1998**

Redovisning av föredrag avseende precisionssodlingens möjligheter, utveckling och problem

Red.: Börje Lindén

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara
Avdelningen för mark-växter

Precisionssodling i Väst
Teknisk Rapport 3
Skara 1999

Innehåll

	Sida
Förord	4
Program	5
Kjell Gustafsson, ODAL, Lidköping	<i>Precisionsodlingens möjligheter</i> 6
Lars Thylén, JTI, Uppsala	<i>Teknik för skördemätning, positionsbestämning och styrning av insatser</i> 9
Mats Söderström, ODAL, Lidköping	<i>Något om användningen av geografiska informationssystem i precisionsodling</i> 12
Börje Lindén, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, SLU	<i>Markbetingade orsaker till skördevariationer och möjligheter att beakta dessa genom plats-specifika odlingsåtgärder</i> 19
Kjell Gustafsson ODAL, Lidköping	<i>Modeller för precisionskalkning</i> 25
Kjell Gustafsson och Mats Söderström, ODAL, Lidköping	<i>Provtagningsstäthet vid markkartering</i> 28
Christer Karlsson, Hydro Agri AB	<i>Kvävebehovsbestämning med Hydro Agris N-sensor under pågående tilläggsgödsling</i> 31
Lars Thylén, JTI, Uppsala	<i>Precisionsodlingens praktiska och ekonomiska betydelse för lantbrukaren</i> 40
Torbjörn Ewaldz, Inst. för växtskyddsvetenskap, SLU, Alnarp	<i>Möjligheter till platsspecifika växtskyddsåtgärder</i> 42
Anders Engqvist, Per Wretblad, Patrik Enfält, Per Bengtsson och Sven Andersson, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala	<i>Teknik för platsspecifik bekämpning</i> 44
Karl Eriksson, Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara	<i>Variationer i kväveutnyttjandet inom fältet (poster)</i> 50
Thomas Börjesson, SLR FoU, c/o AnalyCen, Skara	<i>Anpassad kvävegiva för bättre kväveeffektivitet. Värdering av olika mark- och grödvariabler för prediktion av N-skörd på ett skifte på Bjertorp 1996 (delprojektrapport)</i> 52
Utställare	60

Förord

Precisionsodling innebär att åtgärder såsom gödsling, kalkning samt bekämpning av skadedörare och ogräs anpassas till variationerna i behovet inom fältet - till gagn för både ekonomi och miljö. Skördekartering visar att variationer i spannmålsskördarna upp till flera ton per hektar är vanliga inom ett och samma fält. Härtill kommer bl.a. ojämnheter i markens egenskaper. Om fälten i sådana fall t.ex. gödslas efter ett genomsnitt blir gödslingen både under- och överoptimal. Liknande gäller andra odlingsåtgärder.

I syfte att redovisa *precisionsodlingens möjligheter, utveckling och problem* hittills anordnade AGROVÄST-projektet *Precisionsodling i Väst* ett seminarium i Skara den 10 mars 1998 för lantbrukare, rådgivare m.fl. målgrupper. I seminariet ingick elva föredrag. Vidare arrangerades en utställning, där tio företag visade den tekniska utvecklingen. Programmet i sin helhet tog sikte på att redovisa:

- *Skördevariationernas orsaker och betydelse*
- *Skördemätning och anpassade odlingsåtgärder: teknisk utveckling*
- *Möjligheter till platsspecifik gödsling, kalkning och ogräsbekämpning*
- *Möjligheter till platsspecifika växtskyddsåtgärder*
- *Precisionsodlingens praktiska betydelse för jordbrukarna*

Seminariet hade ca. 275 åhörare. Det arrangerades i samarbete mellan AGROVÄST, SLU, ODAL, JTI, Terrama AB (ODAL Maskin AB), Hydro Agri AB, Svalöf-Weibull AB och Nordkalk AB.

Till arrangörerna, föredragshållarna, de medverkande företagen och övriga som engagerats i genomförandet riktas ett varmt tack. I föreliggande rapport från seminariet redovisas de föredrag som hölls samt därutöver en poster och en delprojektrapport som också bidrog till innehållet.

För AGROVÄST-projektet *Precisionsodling i Väst*

Per-Åke Sahlberg
Ordförande i projektets styrgrupp

Börje Lindén
Sekreterare

Program vid Precisionsodling '98

Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998

Plats: Skara Stadshotell (med utställning i teaterfoajén), Järnvägsg. 5, Skara

Programvärd: Anders Jonsson, ODAL, Lidköping

9.30-10.00	<i>Kaffe</i>	
10.00-10.10	<i>Välkomsthälsning</i>	Per-Åke Sahlberg, AGRO-VÄST
10.10-10.30	<i>Precisionsodlingens möjligheter - perspektivföredrag</i>	Kjell Gustafsson, ODAL, Lidköping
10.30-10.50	<i>Teknik för skördemätning, positionering och anpassad gödsling och kalkning</i>	Lars Thylén, JTI, Uppsala
10.50-11.05	<i>Rast</i>	
11.05-11.25	<i>Skördevariationer inom fält och mellan åren - framställning och tolkning av skördekartor</i>	Mats Söderström, ODAL, Lidköping
11.25-11.45	<i>Orsaker till skördevariationer</i>	Börje Lindén, SLU Skara
11.45-13.15	<i>Lunch. Efter lunchen: kaffe i teaterfoajén med utställning av teknisk utrustning och visning av posters</i>	
13.15-13.35	<i>Gödslings- och kalkningsmodeller Provtagningstäthet vid markkartering</i>	Kjell Gustafsson, ODAL, Lidköping
13.35-13.50	<i>Kvävebehovsbestämning med Hydro Agris N-sensor under pågående tilläggsgödsling</i>	Christer Karlsson, Hydro Agri
13.50-14.00	<i>Rast</i>	
14.00-14.30	<i>Precisionsodlingens praktiska och ekonomiska betydelse för jordbrukarna</i>	Lars Thylén, JTI, Uppsala
14.30-14.50	<i>Möjligheter till platsspecifika växtskyddsåtgärder</i>	Torbjörn Ewaldz, Inst. för växtskyddsvetenskap, Alnarp
14.50-15.10	<i>Styrteknik Platsspecifik ogräsbekämpning</i>	Anders Engqvist, Inst. för lantbruksteknik, SLU, Uppsala
15.10-15.35	<i>Kaffepaus i teaterfoajén</i>	
15.35-16.15	<i><u>Diskussion:</u> praktiska problem vid tillämpning av precisionsodlingstekniken</i>	Ordförande: Per-Åke Sahlberg, AGROVÄST
	<i>Förberedda diskussionsinlägg</i>	Knud Nissen, AGROVÄST Torbjörn Djupmarker, Grästorps Anders Jonsson, ODAL, Lidköping
16.15-16.30	<i>Sammanfattning av seminariet</i>	
16.30	<i>Avslutning</i>	

Precisionsodlingens möjligheter

Är precisionsodling en helt ny företeelse?

Varje tid har sina modeuttryck och idag är begreppet precisionsodling på mångas läppar. Innehåller då detta något nytt eller är det bara ett nytt begrepp vi hittat på för att dra till oss uppmärksamheten. Det är väl inte så illa att det är som kejsarens nya kläder, ett nytt (tomt?) hölje för ett gammalt välkänt innehåll. Det tror i alla fall inte vi som under de senaste åren varit med om att starta upp olika projekt inom precisionsodlingstekniken. Vi tror att den nya tekniken kan erbjuda helt nya möjligheter som rätt använda kommer att vara till gagn både för odlarens ekonomi och vara gynnsamt för vår omgivande miljö. Men självklart skall man kritiskt granska allt som påstås vara nytt och erbjuder fantastiska möjligheter.

Tillbaks till frågan om det är något nytt. Jag tror nog att vi kan hitta spår av det som vi idag lägger in i precisionsodlingsbegreppet om vi går bakåt i tiden. På den tiden man hässjade sitt hö och stukade sina spannmålskärvar var det ju ganska enkelt att "skördekartera" sina egna och kanske även grannens fält genom att se var hässjorna eller stukorna stod tätast. Och går man tillbaka några decennier och tittar på de markkartor som åtminstone fanns i den tidens läroböcker i växtodling så var fälten uppdelade i mindre enheter med olika behov av fosfor, kalium och kalk. Då all handelsgödseln spreds för hand och hanterades i 50-kgs säckar var det inte omöjligt för den noggranne lantbrukaren att anpassa tillförseln efter behovet.

Men sen har som vi alla vet fälten och maskinerna blivit större och större och det blir mer och mer uppenbart att det är svårt att kalla det mark- och skördeanpassad gödsling om vi doserar efter ett medeltal på stora fält som innehåller betydande variation i jordart, växtnäringsinnehåll och skördenivå.

Vad är då det nya?

Som jag uppfattat det hela är det främst två nya tekniker som utvecklats för helt andra ändamål än för jordbruksproduktion som nu blivit tillgängliga till en för jordbruksnäringen acceptabel prisnivå. Jag menar då den nya möjligheten att enkelt och med tillräckligt god exakthet kunna fastställa sin position vid insamling av indata och vid tillförsel av olika insatsmedel i varierande mängd inom fältet. Den teknik vi kallar GPS (= Globalt PositioneringsSystem), utvecklades ursprungligen av supermakterna USA och Sovjetunionen för olika militära ändamål och även den korrektionssignal som vi är beroende av för tillräckligt god precision är främst utvecklad för sjöfart eller annan transportverksamhet.

Den andra nya tekniken som vi utnyttjar är GIS (= Geografiskt InformationsSystem). Enkelt uttryckt ett databaserat kartritningsprogram som inte bara kan rita en karta utan även analysera data och se vilka samband som finns mellan olika data insamlade på olika platser eller på samma plats under olika år. Denna teknik är i grunden en svensk uppfinning som går ut på att all information kopplas till lägeskoordinater, x-koordinaten sidled och y-koordinaten i höjddled. Först utnyttjades GIS-tekniken av naturgeografer i syfte att kartlägga utvecklingen av olika geologiska processer och för malmprospektering. Men kopplingen till jordbruket är ju uppenbar. På olika kvartärgeologiska processer har våra lantbrukare försetts med olika jordarter och vi vill ju kartera markens mineralinnehåll för att kunna optimera gödsling och kalkning.

Utöver dessa två nya tekniker har det utvecklats och utvecklas ständigt nya analystekniker allt från fjärranalys med hjälp av satellit, flygplan eller utrustning som bärs omkring eller appliceras på traktor eller redskap, t ex Hydro Agris N-sensor. Även styr- och reglertekniken utvecklas ständigt. Snart kanske vi får se små förarlösa maskiner med minimal jordpackning göra jordbearbetningsjobbet i fält.

Kärt barn har många namn

Trots att det vi här idag kallar precisionsodling är en relativt ny företeelse, finns det många synonymer för detta begrepp. Växtplatsanpassad odling, platsspecifik odling är andra namn för samma sak. Precision Farming eller Precision Agriculture är de två vanligaste engelska begreppen och då precisionsodling dessutom är lättare att säga utan att staka sig har vi i Västsverige valt att kalla det precisionsodling.

Kan vi då hantera allt detta nya?

Som presenterats är det alltså ett stort antal nya tekniker som vi nu kan få tillgång till, så frågan är då bara, kan vi tillgodogöra oss allt detta nya. Klarar vi av att se helheten, eller är risken stor att vi inte ser skogen utan bara en massa träd i form av en mängd kartor den ena i fler färger och former än den andra. Här tror jag vi alla som utvecklar tekniken har mycket att lära. Den nya tekniken ger oss helt nya möjligheter att mäta, beräkna och presentera viktiga in- och utdata för framtidens planerings- och styr-system för en ekonomisk och miljöanpassad växtodling. Men för att vi skall kunna utnyttja den nya tekniken krävs att vi samverkar i olika former. För att ett system med precisionsodling skall kunna fungera måste vi standardisera mera. Som växtodlare anser jag att det måste vara möjligt att kunna utnyttja tekniken oberoende av fabrikat på tröska, traktor och redskap. Lika självklart som att ett redskap passar i trepunktslyften och att kraftuttagsaxeln har samma utformning, lika självklart hoppas jag att det i framtiden är att styrtekniken är standardiserad. Även om jag förstår att det idag kan vara ett konkurrensmedel inom maskinindustrin att försöka bilda en egen "elektronisk" maskinkedja med utvalda samarbetspartners hoppas jag för precisionsodlingsteknikens framtid på gemensam standard.

Självklart ställer jag krav på standardisering även inom andra områden. Skördekartor och andra karteringar bör så långt möjligt standardiseras så att man enkelt kan se vad som är högt och lågt. Varför inte följa markkarteringens sedan lång tid utvecklade princip att rött är lågt, blått är högt och gult är någonting däremellan. Först när alla enkelt att tyda en karta är målet nått och då kan som sägs en bild säga mer än tusen ord.

Vad kan vi använda tekniken till?

Det första steget är att skaffa sig information genom att kartlägga variationen av olika faktorer i sina fält. Skördekartering och markkartering är de två vanligaste indata man börjar med. Förutom skördenivå och vattenhalt hoppas jag att det snart är möjligt att även dokumentera proteinhalt kontinuerligt under skörd. Markkarteringen bör utöver de vanliga kemiska standardanalyserna även omfatta mullhalt som kan användas vid beräkning av behov av kväve, kalk och vissa ogräsmedel. Andra möjliga indata är täckdikningskartor, topografiska kartor, satellit- eller flygbilder och kartor som skapas ute i fält t ex kartering av ogräs eller markpackning. När man har tillräckligt med indata av god kvalitet kan det vara dags att använda informationen för beslut av lång- eller kortsiktig karaktär.

Att träda olönsamma delar, täckdika arealer som har förutsättningar för betydligt högre skördenivåer eller grundkalka arealer med lågt pH är exempel på mer långsiktiga beslut. Att styra gödsling, utsädesmängd och växtskyddsmedel är exempel på användningsområden av mer kortsiktig natur. För styrning av olika insatser sker nu en mycket snabb utveckling av olika sensorer som direkt under gång läser av någonting och med en dator omvandlas detta till en varierad giva.

Jag vill här även poängtera möjligheten till att hemma på gården själv kunna skaffa sig erfarenheter och göra olika försök. Genom att så olika sorter, göra olika bearbetningar eller olika gödsel- eller växtskyddsinsatser i stråk över fälten och sedan med tröskans skördekartering dokumentera resultatet kan man ju göra sina egna försök. Jag tror också att den traditionella försöksverksamheten kommer att förändras och att mycket inom forskning och försök kommer att grundas på analyser av olika gårdars mark- och skördekartor. Någon har sagt att precisionsodlingstekniken är ett lärande system och det vill jag verkligen stryka under. Jag är övertygad om att såväl lantbrukare som rådgivare och forskare kommer att utvecklas och tillföras mer kunskap om orsak, verkan och resultat inom det produktionssystem vederbörande verkar.

Har vi några modeller för varierad tillförsel av insatsmedel?

Självklart återstår mycket att utveckla vad gäller modeller för tillförsel av olika insatsmedel inom växtodlingen. Själv tekniken i sig kan genom dokumentering av skördenivå och i framtiden även kvalitetsegenskaper som t ex proteinhalt ge förutsättningar för helt nya modeller för styrning av olika insatser. Även den nya teknik med fjärranalys och utvecklandet av olika sensorer kommer att ge nya indata för helt nya modeller för insatsstyrning.

Men redan idag tycker jag att vi har en hel del möjliga gödslings och kalkningsmodeller, modeller som bygger på traditionella mätparametrar men där vi med mark- och skördeanpassad gödsling inte menar att man styr efter ett skiftesmedeltal utan i stället efter förutsättningarna på fältets olika delar. I avvaktan på nya modeller kan vi komma en bra bit på vägen i bättre behovsanpassningen genom att utnyttja befintlig kunskap erhållen genom många års fältförsök utnyttjad på fältens olika delar med en geografiska upplösning på 10-20 m, fältytor av samma storleksordning som i traditionella fältförsöksparceller.

Fungerar det i praktiken och vad betyder det ekonomiskt?

Detta är givetvis de stora frågorna att besvara. Jag tror inte att vi kan ge de slutgiltiga svaren här idag. Kunde vi det vore ju de satsningar som nu görs från många håll inte så nödvändiga. I Sverige stöttas många forskningsprojekt med koppling till precisionsodling av Stiftelsen Lantbruksforskning, Stiftelsen Lantbrukets Fond, Jordbruksverket, Agroväst, ODALs forskningsstiftelse m fl. Inom några år hoppas jag att det finns så mycket data samlat att det går och göra en samlad bedömning av möjliga besparingar och vinster. Själv är jag övertygad om att precisionsodlingen kan vara en mycket viktig del i den målsättning LRF satt upp - att fördubbla lönsamheten inom jordbruket. Mer behovsanpassade insatser kan ge betydande besparingar av insatsvaror och samtidigt en något högre skörd med jämnare kvalitet. Jag ser också stora möjligheter för tekniken vid behovsanpassning och för dokumentation av det vi kallar IP, Svenskt Sigill mm vilket borde ge förutsättningar till ett högre pris på producerade produkter.

Utveckling genom nätverk

För att vi så snabbt som möjligt och med bästa möjliga resursutnyttjande skall kunna tillägna oss ny kunskap tror jag mycket på personliga och organisatoriska nätverk på olika nivåer. Detta gäller oss som arbetar inom olika utvecklingsprojekt men det gäller i lika hög grad arbetet inom det praktiska jordbruket. Inom projektet Precisionsodling i Väst arbetar vi på det sättet. Vi vill samarbeta med olika projektgrupper inom och utom landet. Delar av vår styr- och projektgrupp har besökt seminarier och institutioner i bl a England, Tyskland, Frankrike och USA.

För ett inledande samarbete är den personliga kontakten oftast det bästa. Men för fortsatt samarbete är givetvis E-mail och Internet mer effektiva. Så till alla som gå vidare inom precisionsodlingens olika möjligheter är min rekommendation denna - utnyttja det världsomspännande nätverket Internet för idéer och information som finns i mängd inom området och utvärdera det hela inom ditt egna personliga nätverk tillsammans med andra lantbrukare och växtodlingsrådgivare.

Lars Thylén
Jordbrukstekniska institutet
Box 7033
S-750 07 UPPSALA

Föredrag vid Precisionsodling '98 – seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998

Teknik för skördemätning, positionsbestämning och styrning av insatser

Skördemätning

De första systemen för momentan mätning av skördens storlek i Sverige såldes under tidigt åttital som tillhör till större Dronningborg tröskor. Under senare år har ett antal nya system för skördemätning lanserats i runt om i världen. Systemen för skördemätning som idag saluförs i Sverige är bland annat:

- Flow-meter
- Yield logger
- Ceres
- Quantimeter II.

Problem med skördemätarna uppkommer ofta vid skörd av oljeväxter och ärter, speciellt om man skördar gröna produkter. Efter skörd av dessa grödor bör skördemätaren rengöras.

Till själva skördemätaren hör ett datasystem med monitor och datalogger. För att underlätta överföring av data mellan olika system pågår en standardisering av dataöverföring och även kontaktdon mellan olika redskap (DIN 9684). Målet med denna standard är att lantbrukaren inte skall behöva köpa en massa olika data- och regler enheter till olika redskap utan enbart ha en reglerenhet för samtliga maskiner.

För dataöverföringen mellan maskin och gårdsdator finns idag olika filformat samt olika lagringsmedia (diskett, LSI- och PCMCIA-kort). Överföringen av data mellan redskap och gårdsdator har ofta, speciellt då PCMCIA-kort använts, varit besvärlig. För att eliminera detta problem ingår numera vanligtvis externa kortläsare för läsning av PCMCIA-kort

Positionsbestämning

För positionsbestämning inom jordbrukssektorn används idag enbart GPS, baserat på det amerikanska systemet Navstar. Det ryska systemet Glonass har idag stora problem med satelliternas funktion.

För att erhålla en tillräckligt god noggrannhet vid positionsbestämning behövs en korrektionssignal från en referensstation. De tre system som används i Sverige är:

- epos, en korrektionssignal som sänds på FM-bandet
- sjöfartens korrektionssignal, sänds på långvåg
- WAAS, satellit baserade system för utsändning av korrektionssignal exempelvis Racal och Omnistar.

De flesta problem som inträffat med GPS mottagare inom jordbruket har varit knutna till korrektionsmottagarens funktion. Korrektionssignalen är standardiserad och noggrannheten för de olika systemen är jämförbar, med ett litet plus (?) för de satellit baserade systemen. Sjöfartens korrektionssignal är gratis för användarna, medan de två andra systemen har en årlig licenskostnad av 6 – 8000 kr. Idag kan man enbart köpa licens på årsbasis. För jordbruket vore det förstås fördelaktigt med kortare licensperioder. Inköpspriset för en Epos-mottagare är mycket lägre än för andra typer av referenssignal mottagare.

Ett ofta nämnt problem med datorer är millennium skiftet. För GPS systemet finns ett liknande problem som inträffar i augusti 1999 och kallas för "GPS Week Rollover". Tidsbestämningen för GPS utgörs av ett system bestående av vecko- och sekundräkning. Natten mellan den 21 och 22 augusti 1999 slutar vecka 1023 och följs av vecka 0. Äldre GPS mottagare kan sluta att fungera vid detta tillfälle. För tillfället undersöker vi om någon mottagare såld till svenska jordbrukare kan få problem vid detta tillfälle.

Liksom inom alla andra områden pågår en utveckling av GPS-systemet. Vad som kommer att påverka oss först är att störsignalen S/A (Selective Availability) kommer att stängas av inom några år. Vidare kommer satelliterna inom Block II F att förses med en andra civil frekvens (L5). Detta sammantaget gör att vi får en noggrannhet vid positionsbestämningen motsvarande 6-8 meter utan korrektionssignal.

Styrning av insatser

Automatisk styrning av insatsmedel kan göras enligt två huvudmetoder:

- En realtidssensor kan direkt styra en utmatningsenhet.
- Utmatningsenheten styrs av "historisk" data, dvs av en kontrollenhet med dataläsare och GPS-mottagare.

Realtidssensorer utvecklas bland annat för direkt mätning av grödans kvävestatus exempelvis Hydro Agris N-sensor. Sedan tidigare har det funnits sensorer för mätning av markens mullinnehåll. Denna sensor har då styrt mängden markherbicide (då Treflan används som markherbicide är optimal dos beroende av markens mullhalt).

Då utmatningsenheten styrs av historisk data bestämmer lantbrukaren hur ett givet insatsmedel skall fördelas inom ett fält på gårdsdatan. Denna information sparas och förs över till redskapet med datakortet. De flesta system kräver att en man anger en standardgiva vilken används av styrsystemet om något fel uppkommer.

Något om användningen av geografiska informationssystem i precisionsodling

Mats Söderström
ODAL FoU
531 87 Lidköping
mats.soderstrom@odal.se

Meningen med precisionsodling är bland annat att man ska optimera användningen av gödsel- och växtskyddsmedel inom fältet. Detta kommer endast att lyckas om det beslutsunderlag man har tillgång till är korrekt. På grund av den mängd data det handlar om och för att de beslut som fattas med den resulterande kartan som underlag ska vara så korrekta som möjligt, är det ett relativt omfattande arbete som krävs från datainsamling till produktion av skördekartor.

De enkla kartprogram som tillhandahålls av GPS-leverantörerna är för närvarande inte utformade på sådant sätt att användaren på ett godtagbart sätt kan styra kartframställningsprocessen. En kort marknadsanalys redovisas i del 1. Efter 1997 års mätningar har vi nu tillgång till tre års skördekarteringar med GPS på Bjertorp. På åtta skiften finns möjlighet att göra jämförelser mellan alla 3 åren. I ytterliggare ett antal fall kan jämförelser göras mellan 2 år. I del 2 beskrivs några av de problemställningar man måste ta hänsyn till vid analys och presentation av skördedata.

1. Mjukvaror

1.1 Bakgrund

Skördekartering genererar massor av data. En stor del av dessa data är felaktiga; positionsbestämningen är ofullständig och skörderegistreringen är för hög eller för låg. Därför måste vi kunna hantera denna datamängd och kunna sälla bort felaktiga mätresultat. För att göra en beräkning av behovet av gödsel eller kalk inom delar av fält krävs ibland dessutom information om markens egenskaper. Dessa uppgifter kan erhållas från en noggrann markkartering. Beräkningar måste sedan göras så att behovet kan bedömas för en viss punkt eller yta. Vi vill också kunna producera snygga och korrekta kartor över t ex skördar, pH och mullhalt. Datorprogram som klarar dessa uppgifter kallas geografiska informationssystem. Problemet är att befintliga program kräver en hel del av användaren. När det gäller precisionsodling vill man att det ska vara så enkelt som möjligt. De flesta potentiella användarna är troligen inte så intresserade av att behöva bearbeta, omarbета, importera och exportera data mellan olika program och lära sig en lång rad av kommandon och funktioner. I de flesta fall vill användaren med säkerhet att det ska vara enkelt och snabbt och man ska kunna lita på att det man får ut i kartform eller i tabeller är korrekt. Samtidigt måste det vara billigt – åtminstone så billigt att man kan se en vinstmöjlighet om man använder tekniken.



I den här studien har en liten genomgång gjorts av de krav man kan ställa på ett datorprogram som ska kunna klara av de uppgifter som behövs för att man ska erhålla trovärdiga utdata. Dessa utdata används sedan som beslutsunderlag för olika odlingsåtgärder. Därför är det viktigt från både ekonomisk och miljömässig synpunkt att underlaget är korrekt.

1.2 Funktionalitet

Man kan räkna med att jordbrukare, konsulter och forskare har skilda krav på mjukvaror. Jordbrukaren vill att arbetet ska vara enkelt och är nöjd med ett begränsat antal funktioner och analysmöjligheter. Konsulten och forskaren ställer krav på utökad funktionalitet och kan troligen tolerera dyrare program där mer krävs av användaren. Vi kan lista upp några grundläggande funktioner som en mjukvara lämplig för precisionjordbruk bör ha:

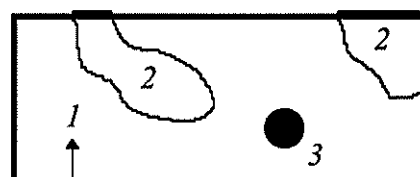
- Programmet behöver kunna ta hand om stora datamängder och det måste vara möjligt att göra en hel del korrigeringar och ändringar i datasetet beroende på om data uppfyller vissa kriterier.
- I vissa fall måste man kunna transformera mellan olika koordinatsystem, i Sverige troligen mellan WGS84 (det system som GPS-utrustningen utnyttjar) och RT90 (det system som används av Lantmäteriet för de allmänna kartorna och det system som datorritade mark- och EU-kartor har).
- För att kunna göra en snygg och bra karta som visar skördevariationer inom fält måste man interpolera. Det finns flera metoder att välja ibland. Det optimala metodvalet bör styras av syftet med interpoleringen (en separat redovisning kommer att göras där denna problematik belyses).
- Man vill kunna utarbeta kartor för redovisning och presentation och det bör finnas möjlighet att erhålla statistiska uppgifter om kartor samt att kunna göra klassificeringar och jämförelser mellan olika kartsikt.

1.3 Datastruktur

Den datastruktur som programmet kan hantera avgör till viss del den funktionalitet som är möjlig att erhålla:

- Rasterdata är lämpligast för att hantera stora mängder data och att snabbt kunna producera detaljerade skördekartor och analyser av kartsikt. Rasterstrukturen är också nödvändig om man vill inkludera satellitbilder i arbetet. Varje bildelement (kan bl a benämnas pixel, rastercell, grid) har ett visst värde vilket representerar en egenskap.
- I vektorstrukturen lagras objekt som punkter, ytor eller linjer. Denna datastruktur medför begränsade möjligheter till geografiska analyser och interpolering. Databasorienterade analyser kan dock utföras bättre i vektorformatet. Varje objekt är kopplat till en tabell i en databas via ett identitetsnummer. Varje objekt kan ha många egenskaper.

1	2	1	1	1	1	2	2
1	2	2	2	1	1	2	2
1	1	2	2	1	1	1	2
1	1	1	1	1	3	1	1



id	info
1	Åker
2	Skog
3	Hus

Vissa program kan hantera både vektorer och raster. Detta är givetvis att föredra. Emellertid är dessa program dyrare.

1.4 Några mjukvaror

I en undersökning som gjordes i USA om vilka mjukvaror som används vid precisionsodling visade det sig att endast 4 olika program användes i hela 87% av fallen:

Arc/Info & ArcView	37%
GRASS	20%
Idrisi	17%
MapInfo	13%
Övriga	13%

GRASS (utvecklat av amerikanska armén och kan erhållas gratis) och Idrisi (utvecklat i samarbete mellan FN's miljöprogram och Clark University) är rasterbaserade mjukvaror medan vektordatastrukturen utnyttjas av de övriga (Arc-familjen och MapInfo är kommersiella mjukvaror som säljs av ESRI respektive MapInfo Corp.). Det finns även ett rasterbaserat tilläggsprogram till ArcView.

Ovan nämnda mjukvaror samt svensktillverkade Data-on-the-Map/Markvägen och amerikanska TNT Mips har undersökts. Om man ser på funktionaliteten hos dessa mjukvaror finner man att egentligen inget program uppfyller kraven för precisionsodlingsdata. ArcView tillsammans med Spatial Analyst-modulen samt TNT Mips har de funktioner som krävs. Det förstnämnda är relativt dyrt men betydligt mer lättanvänt. TNT Mips finns i en 'light'-version som är gratis. I denna version finns all funktionalitet kvar förutom exportmöjligheter och en begränsning av kartans maximala upplösning.

De kartprogram som medföljer GPS-utrustningen kan snabbt producera kartor. Man har däremot begränsad eller ingen möjlighet att styra och bearbeta kartorna och underliggande data.

1.5 Eget utvecklingsarbete

Ovanstående fakta har medfört att ODAL Växtodling och ODAL FoU studerar möjligheterna att utveckla ett specialanpassat program som har den nödvändiga funktionaliteten. Detta program kommer att vara anpassat för jordbrukare och svenska förhållanden. En testversion av denna produkt beräknas att vara klar under våren 1998.

2. Skördekartering

2.1 Arbetsgång

I figur 1 nedan beskrivs de olika stegen från registrering i tröskan till analys av skördekartan. Till vänster i figuren anges de problemställningar man måste beakta i de olika stegen. Grovsortering innebär att man sällar bort data som på ett eller annat sätt är felaktiga. Detta är en känslig och till vissa delar subjektiv process vars kriterier inte på något sätt är självklart riktiga. I det här fallet har endast sparats registreringar som med allra största sannolikhet är korrekta. Om grovsortering inte görs riskerar skördekartan att bli mycket osäker. Nackdelen med sortering är att data tas bort. Detta görs emellertid för att förbättra trovärdigheten hos utdata. Vi måste ha i åtanke grundprincipen: *"rubbish in - rubbish out"*.

I figur 2 kan vi se ett exempel på varierande yttäckning mellan olika år. Detta medför problem och osäkerhet när det gäller årsvisa jämförelser och skördekartans tillförlitlighet. Den metodik som används för att göra kartan är också av stor betydelse. Ofta används interpoleringsmetoden inversa avståndet i kvadrat (i vårt exempel i figur 2 har vi dock inte

kvadrerat). Detta är mest i brist på bättre kunskap och det är inte givet att det är den bästa metoden.

Om man använder ett fint raster i skördekartan får användaren uppfattningen att kartan är mer detaljerad. Emellertid blir osäkerheten mycket stor i detta fall i de områden som saknar data. Vid ojäm och sparsam datafördelning bör ett grövre raster väljas. I vårt exempel användes rutor om 10x10 m.

Figur 1. Problemställningar och arbetsgång

Registreringar tas bort om:

- ingen korrektionssignal för GPS mottagits
- det ej är fullt i skärbordet
- vattenhalten anges vara 0%
- skörden har ett kraftig avvikande värde

Exempel på osäkerhet p g a:

- Dålig yttäckning
- Metodval - kartbild varierar beroende på metod
- Gridstorlek - hög upplösning ger större osäkerhet

Exempel på svårigheter vid analys p g a:

- Problem med varierande yttäckning
- Relativt dålig korrelation mellan år?
- Relativt liten yta avviker från medel med $> \pm 10\%$

Registrering

Grovsortering

Transformerering

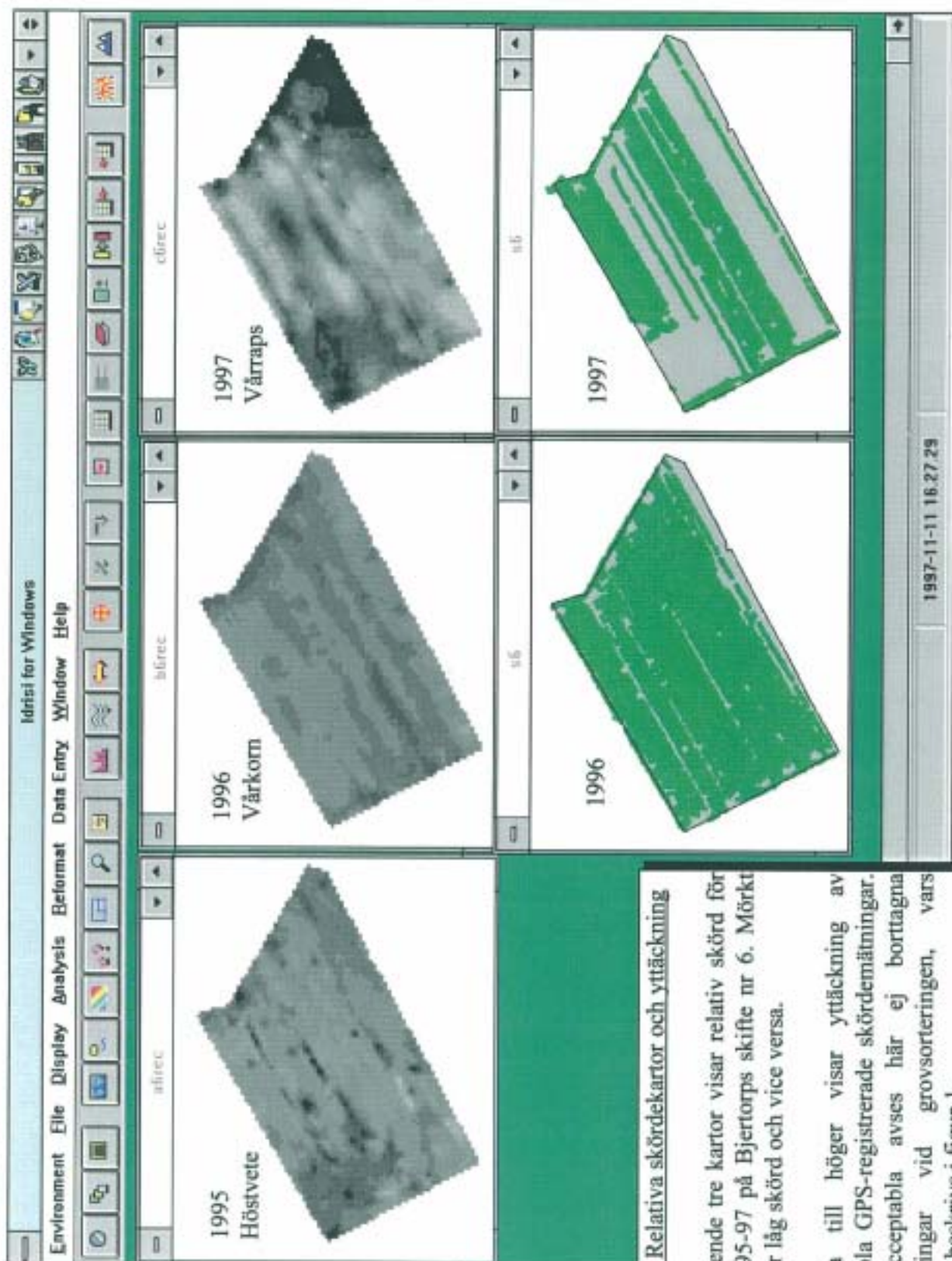
Interpolering

Filtrering

Analys



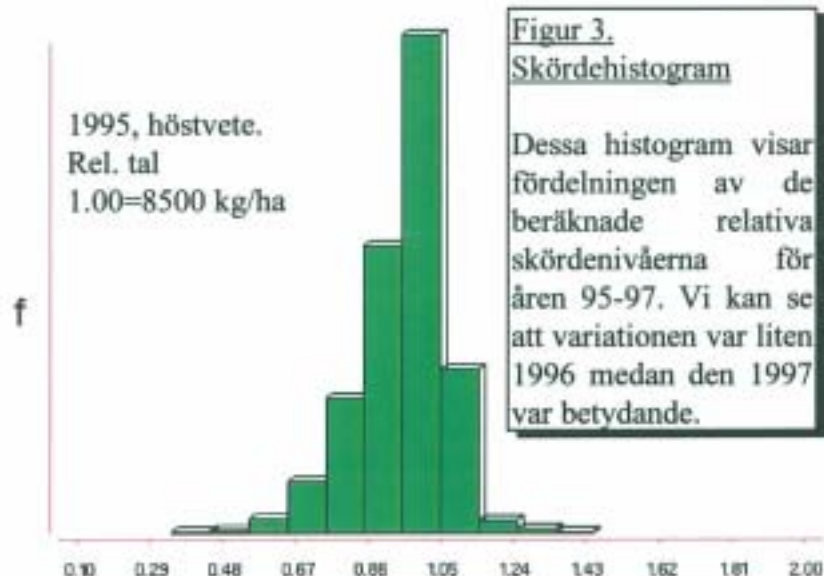
2.2 Resultat



Figur 2. Relativa skördekartor och yttäckning

Ovanstående tre kartor visar relativ skörd för åren 1995-97 på Bjertorps skifte nr 6. Mörkt indikerar låg skörd och vice versa.

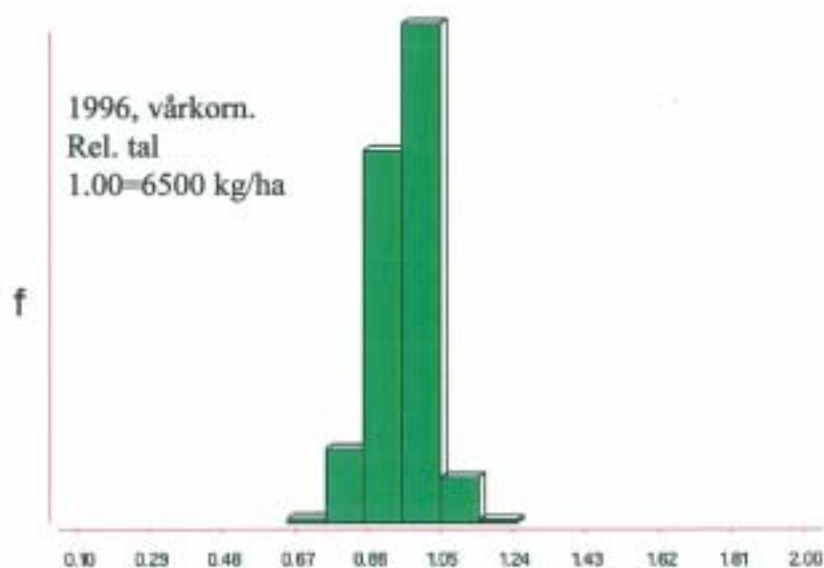
Kartorna till höger visar yttäckning av acceptabla GPS-registrerade skördemätningar. Med acceptabla avses här ej borttagna registreringar vid grovsorteringen, vars kriterier beskrivs i figur 1.



Histogram of
a6srfsc

Class width : 0.1000
Display minimum : 0.1000
Display maximum : 2.0000
Actual minimum : 0.0000
Actual maximum : 1.4049
Mean : 0.9995
Stand. Deviation : 0.1514
df : 3919

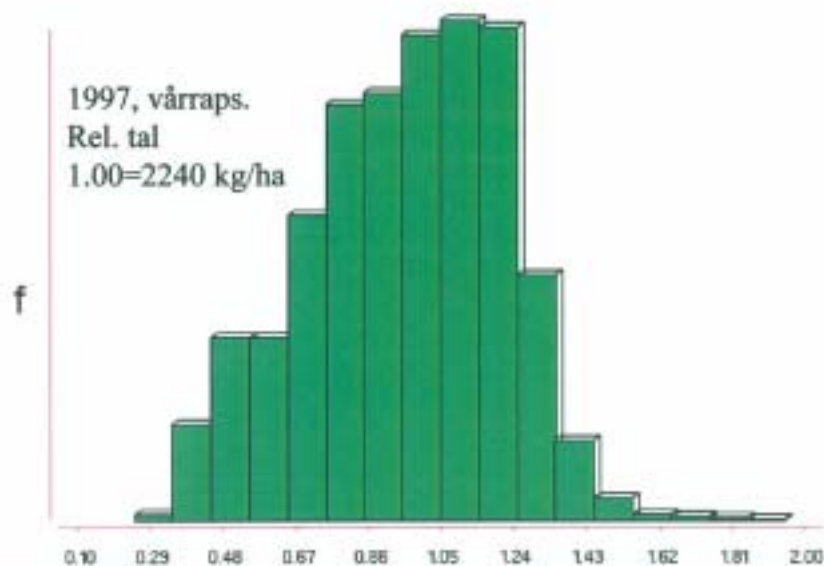
based on 3920
values within range (out of 9546)



Histogram of
b6srfsc

Class width : 0.1000
Display minimum : 0.1000
Display maximum : 2.0000
Actual minimum : 0.0000
Actual maximum : 1.2263
Mean : 1.0003
Stand. Deviation : 0.1219
df : 3919

based on 3920
values within range (out of 9546)

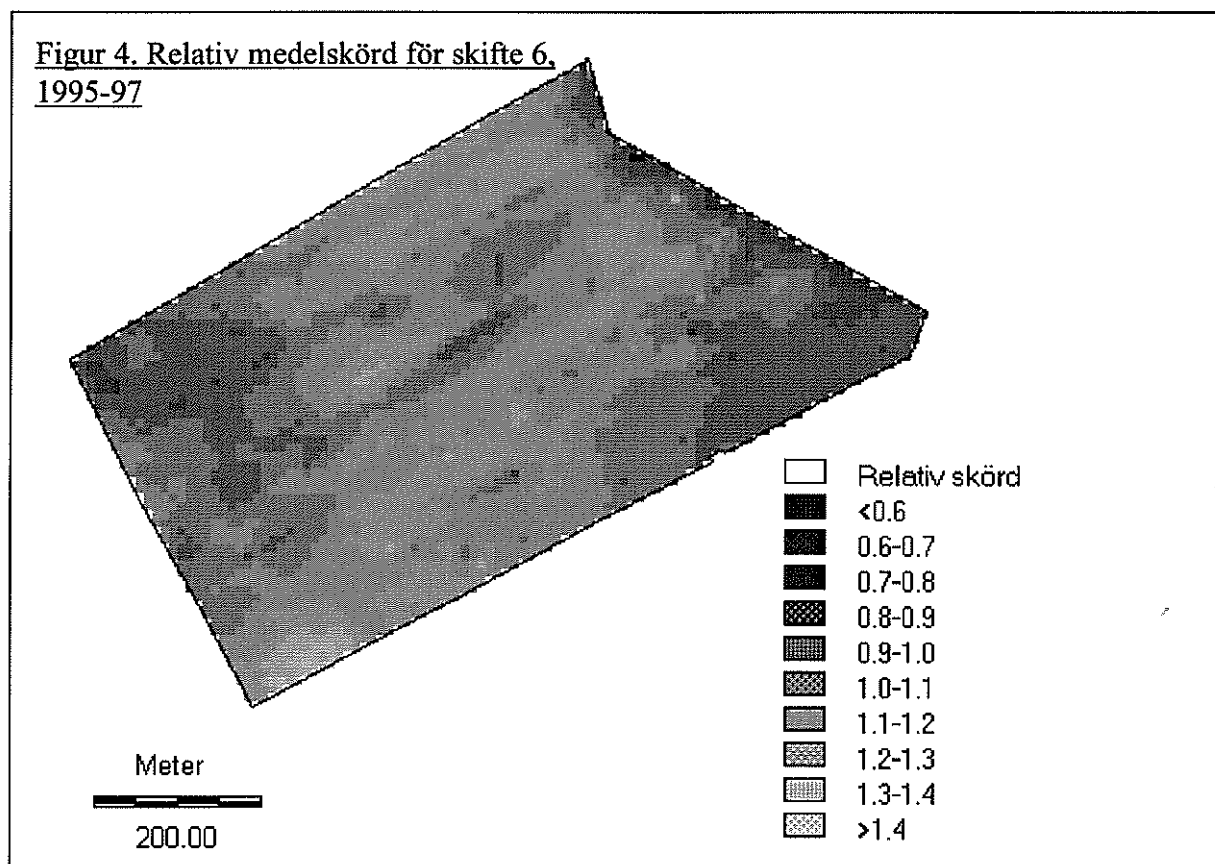


Histogram of
c6srfsc

Class width : 0.1000
Display minimum : 0.1000
Display maximum : 2.0000
Actual minimum : 0.0000
Actual maximum : 1.9801
Mean : 1.0010
Stand. Deviation : 0.2728
df : 3919

based on 3920
values within range (out of 9546)

**Figur 4. Relativ medelskörd för skifte 6,
1995-97**



I figur 4 redovisas en karta över relativ medelskörd för skifte 6 där kartorna för 1995-97 summerats. Vid tillgång till flera års skördekarteringar kan denna metod vara lämplig för att man ska kunna få ett relativt stabilt mått på produktionsförmågan hos fältets olika delar. Den här typen av karta bör i så fall kombineras med variabiliteten i respektive delyta. Detta ger då ett mått på sannolikheten att mönstret ska upprepas kommande år.

3. Slutsatser och fortsatt arbete

Det är av stort värde att utveckla robusta metoder för analys av skördedata. Det är en förutsättning för sammanställning av tillförlitliga kartor över produktionspotentialen i fältets olika delar. Denna presentation pekar på några av problemen.

I en senare redovisning kommer årsvisa jämförelser att göras för flera av de tillgängliga mätserierna. Denna redovisning får ses som en inledning och en metodbeskrivning.

ODAL Växtodling och ODAL FoU studerar möjligheterna att utveckla en specialanpassad mjukvara för jordbrukare vilket har nödvändig funktionalitet. En testversion av denna produkt beräknas att vara klar under våren 1998.

Börje Lindén
SLU, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara
Avdelningen för mark-växter

Markbetingade orsaker till skördevariationer och möjligheter att beakta dessa genom platsspecifika odlingsåtgärder

Skördekarteringar med hjälp av GPS har visat, att avsevärda variationer i avkastningen kan förekomma på fält, som i förstone förefaller jämna. Skördarna inom enskilda fält kan sålunda variera med en faktor 2 till 4. I svenska undersökningar har variationer från 1-2 ton spannmål per ha till mer än 6 ton per ha fastställts inom ett och samma fält. Dessa skördeskillnader påverkar naturligtvis odlingsekonomin. Även skördarnas kvalitet synes vara underkastad stora inomfältvariationer med ekonomiska konsekvenser som följd. GPS-systemet kan även användas vid markkartering för att positionsbestämma markkemiska och -fysikaliska variationer inom fältet, som kan vara orsak till skördeskillnaderna.

Men hur skall nu de jordbrukare, som skaffat sig utrustning för skördekartering, utnyttja informationen från skördekarteringen för att optimera avkastningen? Detta är ännu långifrån klarlagt i Sverige såväl som utomlands. Utan kunskaper om detta blir det svårt att förverkliga visionerna om positionsbestämd precisionsgödsling, som förutspåts bli till god nytta både för jordbrukarnas ekonomi och för miljön.

1. Faktorer som inverkar på tillväxten och gödslingsbehovet

När ett växtnäringsämne (såsom kväve, fosfor eller kalium) eller någon annan tillväxtfaktor (t.ex. vatten) föreligger i starkt underskott i förhållande till grödans behov hämmas tillväxten påtagligt. Vid stigande tillgång ökar tillväxten först kraftigt men avtar sedan efterhand som tillgången stiger. Till slut blir det ingen ytterligare tillväxt utan kanske snarare en tillväxtminskning, t.ex. när kvävetillgången blir så stor att liggsäd uppkommer.

När tillväxten nått upp till en viss plåtå och inte kan bli större, beror detta på att någon annan tillväxtfaktor (t.ex. svavel) inte räcker till för större tillväxt. Då måste denna faktor i sin tur bättras på. När tillgången av t.ex. svavel stiger kan tillväxten öka upp till en ny, högre nivå än annars. När denna högre plåtå uppnåtts, är det ytterligare någon annan faktor som det inte finns tillräckligt av. Då måste denna förbättras i sin tur. Med stigande tillväxt ställs alltså större krav på allt fler tillväxtfaktorer. Behovet av alla växtnäringsämnen, vatten m.m. ökar.

Man kan sammanfattningsvis säga att ett växtnäringsämne förekommer i underskott, i tillräckligt mängd och i överskott i förhållande till grödans behov vid en viss, uppnåbar eller önskad skördenivå. Råder underskott, hämmas skörden och gödsling behövs. Är mängden tillräcklig krävs ingen gödsling. Råder överskott, kan det i vissa fall leda till skördesänkning (t.ex. liggsäd genom för stor N-tillgång), men i andra fall behöver överskott inte vara till någon nackdel (t.ex. fosfor i P-AL-klass V).

I precisionsodling gäller det att klarlägga var underskott, tillräcklig mängd och överskott finns avseende på olika tillväxtfaktorer.

De markfaktorer som påverkar grödornas tillväxt och behov av växtnäring kan såsom framgår av tabell 1 delas in i två grupper:

- Faktorer som inte kan påverkas platsspecifikt vid precisionsodling
- Faktorer som kan påverkas med större eller mindre kostnader

Tabell 1. Påverkbara och icke påverkbara markfaktorer i precisionsodling

Faktor	Kan inte påverkas i vid precisionsodling	Kan i partiken påverkas, med större eller mindre kostnader
Jordart	x	
Mullhalt	x	
Topografiskt läge	x	
Dräneringstillstånd, växttillgängligt vatten	x	x
Markstruktur (porsystem, rotdjup, aggregat)	(x)	x
Växttillgängligt mark-N (bl.a. N-mineralisering)	x	
Fosfortillstånd		x
Kaliumtillstånd		x
Kalktillstånd		x
Mikronäringsämnen	x	x

De faktorer som ej kan påverkas styr den strategi som får tillämpas vid precisionsodling. Om de ej påverkbara faktorerna leder till lägre skörd inom vissa fältdelar, är det inte eller knappast lönsamt att förbättra andra faktorer. Om exempelvis dräneringsförhållandena är ogynnsamma inom en fältdel eller om marken genom lätt jord i högt läge är torkkänslig på vissa andra ställen, kan även normala gödslingsnivåer bli överoptimala.

Är det däremot ekonomiskt möjligt att förbättra dräneringen, så kan ökade skördar förväntas. Detta motiverar ökad tillförsel av växtnäring. Vidare kan bevattning förbättra skördarna inom torkkänsliga skiftesdelar. Med högre skördar behövs större givor av t.ex. fosfor för att ersätta ökad bortförsel med skördarna. Kan däremot inte sådana förhållanden förbättras, finns det motiv att minska gödslingen till en nivå som motsvarar de lägre avkastningsnivåerna på sådana ställen.

2. Erfarenheter från ett skördekarterat skifte på Bjertorp i Västergötland

På skifte 18 på Bjertorp har skördekartering utförts 1995 (höstvete), 1996 (vårkorn) och 1997 (havre). Hela fältet gödslades vart år en enhetlig N-mängd. Av skördemätningarna framkom, att vissa delar av fältet återkommande fick högre skördar, medan andra gav avkastning. Skördarna som medeltal för 1996 och 1997 varierade från som minst 5.600 till 6.500 kg kärna per ha med ett medelvärde på 6.000 kg. På en del av arealen växlade dock bättre och sämre skördar mellan åren, men avvikelserna från fältmedelvärdet var ganska små. Frågan är nu, om särskilt de entydigt bättre och de entydigt sämre avkastande skiftesdelarna kan förklaras genom variationer i markens egenskaper såsom dessa beskrivs av data från en markkartering, som gjordes med ca ett prov per ha 1995.

Tabell 2. Inverkan av olika markfaktorer på skördarna 1996 (korn) och 1997 (havre) på skifte 18 vid Bjertorp på Varaslätten i Västergötland. Resultaten härrör från en yta på drygt 30 ha inom ett större fält (63 ha). Fältet markkarterades 1995 med ca ett prov per ha. Inverkan av de olika markfaktorerna beskrivs som s.k. förklaringsgrader.

Faktor	Medeltal	Lägsta värde	Högsta värde			
<i>Kärnskördar, kg/ha</i>						
Korn 1996	7 300	6 900	7 600			
Havre 1997	4 700	4 200	5 800			
Meltal för 1996 och 1997	6 000	5 600	6 500			
				<i>Samband mellan markfaktorer och skördenivå uttryckt som förklaringsgrad (% av variationen i skördedata som förklaras av faktorn i fråga)</i>		
<i>Markfaktorer (matjord)</i>				<i>Korn 1996</i>	<i>Havre 1997</i>	<i>Medeltal 1996 o. 97</i>
pH	6,6	6,4	6,8	9	18	6
P-AL (lättlöslig fosfor)* och klass	6,9 (III)	3,1 (II)	16,5 (V)	0	1	1
P-HCl (förråd av fosfor)* och klass	56 (3)	41 (3)	86 (5)	0	18	11
K-AL (lättlösligt kalium)* och klass	9,2 (III)	7,0 (II)	16,7 (IV)	0	29	25
K-HCl (förråd av kalium)* och klass	219 (3)	155 (3)	379 (4)	0	6	7
Mg-AL (magnesium)*	9,3	6,2	13,9	0	7	3
Cu-HCl (koppar)*	8,6	6,2	11,4	0	10	10
Lerhalt, %**	29 (ML)	21 (LL)	45 (SL)	0	6	7
Mullhalt, %	2,5 (nmh)	1,4 (mf)	3,9 (mmh)	0	21	15
K-AL och mullhalt tillsammans				0	41	33

*) mg per 100 g lufttorr jord.

**) Beräknad på basis av K-HCl-värden.

Av tabell 2 framgår vilka faktorer som studerades med avseende på deras inverkan på skördarna av vårsäd 1996 och 1997: pH, P-AL, P-HCl, K-AL, K-HCl, Mg-AL, CU-HCl, lerhalt (beräknad på basis av K-HCl) och mullhalt. I tabellen redovisas sambanden med hjälp av s.k. förklaringsgrader, dvs. hur många procent av inomfältvariationen i skördarna som förklaras av variationerna hos faktorn i fråga. Under år 1996 förklarade dessa faktorer knappast alla variationerna i skördarna, utom pH som hade förklaringsgraden 9 %. Ökande pH medverkade sålunda i viss mån till högre skörd. År 1997 framträdde något tydligare påverkan av de nämnda faktorerna. Men mellan exempelvis P-AL (lättlöslig fosfor) och skörd fanns det inte något

samband, dvs. ökad mängd fosfor i marken ledde inte till högre skörd. Sammantaget kunde det inte fastställas någon särskilt tydlig och genomgående inverkan av någon av de nämnda faktorerna.

De svaga sambanden torde bl.a. bero på att ingen av de studerade markegenskaperna ställvis hade så låga värden att brister där uppkom. Skördeskillnaderna inom fältet var så pass små att ingen klar bristfaktor torde ha funnits. För vissa faktorer såsom pH och lerhalt kan de svaga sambanden också hänga samman med relativt sett ganska små variationer i värdena för dessa faktorer. pH-värdet växlade från som lägst 6,4 och som högst 6,8. Det fanns således varken markant för låga eller markant för höga värden. Lerhalten i matjorden varierade från 21 till 45 %. Det hade troligen behövts betydligt lägre värden än 21 % ler för att torkkänslighet skulle göra sig starkt gällande. Detta gäller inte bara matjorden utan även alven, eftersom dess för-
måga att magasinera vatten och förse grödan med vatten är mycket viktig.

P-AL varierade dock från klass II till V utan att ha något egentligt inflytande på skördarna, medan K-AL skiftade från II till IV med ett visst inflytande, dock bara 1997. Vid P-AL- och K-AL-klass II kan man säga att underskott på P och K föreligger, men detta kan uppvägas den gödsling som grödan ges. Med en tillräcklig gödselgiva suddas inverkan av ett sämre marktillstånd ofta ut.

Mineralkväve. På en annan del av Skifte 18 på Bjertorp bestämdes mängderna mineralkväve före gödslingen under vårarna 1996 och 1997. Arealen uppgick till 9 ha. Frågan var om det fanns så pass stora skillnader i kvävetillgången tidigt på våren att detta påverkade behovet av gödselkväve. Inom 60 cm markdjup varierade mineralkväveförråden från som lägst 14 kg N/ha till som högst 42 kg, med ett medelvärde på 28 kg. Avvikelsen från medelvärdet var alltså högst 14 kg N/ha och i de flesta fall betydligt mindre. Liknande värden fastställdes 1997. Mineralkvävemängderna hade en viss betydelse för skördeutvecklingen, men det kan konstateras att skillnaderna i mängderna var för små för att kunna beaktas i det praktiska jordbruket.

Topografi. Inom 9-ha-ytan på Skifte 18 finns mindre höjdskillnader. Det visade sig här, att de lägre liggande delarna generellt gav högre skörd (Söderström, pers. medd.). Orsakerna till detta har inte undersökts men kan bero på skillnader i mull- och lerhalt. Erosionen kan med åren leda till att de finare jordpartiklarna transporteras nedåt i terrängen. Både mull- och lerhalt och till dessa bundna växtnäringsämnen kan därför anhopas inom lägre liggande fältdelar genom förluster från högre liggande mark. Oftast brukar höjder på ett fält ha lägst mullhalt dels p.g.a. mindre nybildning av växtrester till följd av lägre tillväxt och dels genom snabbare nedbrytning av organiskt material.

3. Tillförsel av växtnäringsämnen och kalk i precisionsodlingsjordbruk

3.1. Kalkning och gödsling med fosfor och kalium

Slutsatsen av studierna på Skifte 18 på Bjertorp är att nämnda markegenskaper, som traditionellt analyseras i samband med markkartering, inte ger god vägledning om hur man skall beakta inomfältvariationer i skördarna, i synnerhet som variationerna i avkastning var små. Fältet kan betraktas som ganska jämnt skördemässigt, och då kan man inte förvänta påtagliga utslag för enskilda markegenskaper.

Om det däremot är stora skillnader i fråga om skördar och markegenskaper, med bristområden inom vissa delstycken, borde effekterna av förbättringar av markegenskaperna bli tydligare. Om t.ex. pH-värdet ställvis är underoptimalt, bör man kalka upp dessa områden till rekommenderat pH-värde, med varierande givor allt efter variationerna i kalkbehov.

Vissa faktorer påverkar emellertid avkastningen mindre tydligt. Hit hör fosforgödsling. Det är inte lönsamt att höja P-AL-värdena över klass III. Vid fosfortillstånd under denna klass kan man antingen gödsla upp marken till ett bättre tillstånd eller följa rekommendationerna att öka gödslingen årligen. Uppgödsling genom förrådsgödsling bör dock bara göras om kalktillståndet är bra. I annat fall fordras först kalkning. På lätt jord är det inte att rekommendera att förbättra K-AL-värdena (t.ex. upp till klass III), eftersom kalium delvis utlakas.

En annan möjlighet är att fosforgödsla enligt ersättningsprincipen, dvs. mer vid högre skörd och vice versa. I precisionsodling kan man då låta fosfortillförseln följa med svängningarna i kvävetillförseln, med mindre givor där tillväxten är låg till följd av opåverkbara faktorer och större givor där avkastningspotentialen är god. I princip kan så också ske med kalium och mikronäringsämnen. Men oftast varierar tillgången på olika växtnäringsämnen på ett oregelbundet sätt. Höga värden av ett ämne kan motsvaras av låga värden av ett annat. Detta skulle kräva maskiner som sprider gödselmedel i bulkvara och med samtidig spridning i skilda mängder av t.ex. kväve, fosfor och kalium. Att förverkliga detta i svensk jordbruk är ännu så länge inte lätt. Tekniska idéer finns, så även maskiner på den amerikanska marknaden.

3.2. Kvävegödsling med hänsyn till kvävetillgången i marken

Som nämnts var mineralkvävemängderna i marken på Skifte 18 vid Bjertorp ganska små och varierade ganska lite inom den undersökta ytan på 9 ha. Då det dessutom skulle bli mycket dyrt att provta ett fält tätt för bestämning av mineralkväve, är det i praktiken inte lönsamt att bestämma mineralkväve platsspecifikt.

På Skifte 18 varierade mullhalterna från 1,4 % till 3,9 % med ett medelvärde på 2,5 %. Vid så låga mullhalter blir kväve mineraliseringen under växtsäsongen ganska liten, troligtvis i storleksordningen 40 kg N/ha på gårdar utan djurhållning. Då det hittills inte finns fungerande metoder någonstans i världen för bestämning av kväve mineraliseringen under fältförhållanden, kan denna inte ej heller beaktas i precisionsodlingen. Utveckling av metoder pågår dock.

4. Relationer mellan växttillgängligt vatten, avkastningsnivå och optimal kvävegödsling

Mycket tyder på att inomfältvariationerna i skördarna i stor utsträckning beror på skillnader i mängderna växttillgängligt markvatten. I svenskt jordbruk är som antytts grödornas vattentillgång vanligen den primära tillväxtbegränsande faktorn. Det växttillgängliga vattnet är som nämnts i hög grad en opåverkbar faktor i odlingen, till vilken N-gödslingen m.fl. odlingsåtgärder bör anpassas lokalt på fältet i fråga. I de flesta fall är vidare kväve det växtnäringsämne som påverkar skördeutfallet och produktkvaliteten mest, samtidigt som N-gödslingen kan orsaka miljöproblem. *Grödornas vattentillgång och kväveförsörjning synes därför vara de faktorer som man i precisionsodling i första hand borde ta hänsyn till inom olika fältdelar.*

Den uppnåbara skördenivån är den faktor som normalt mest påtagligt påverkar grödornas optimala gödselkvävebehov, vilket beaktas i de officiella gödslingsrekommendationerna

(Jordbruksverket, 1995). Den optimala N-gödslingsnivån stiger generellt med ca 20 kg N/ha vid en bördighets- och klimatbetingad ökning av kärnskoroden med 1000 kg/ha. Vid skördevariationer inom fält från ca 2000 kg/ha till 6000 kg/ha (se ovan) kommer sålunda det optimala gödselkvävebehovet att variera i storleksordningen 80 kg N/ha inom fältet i fråga. Då sådana avkastningsvariationer tycks vara vanliga, kan man ana mycket stora gödslingsfel i praktiken. Inom torkkänsliga områden med återkommande svaga skördar borde N-tillförseln vara mindre än i medeltal för fältet, medan den kunde vara större där tillväxten är bättre än genomsnittligt för fältet. Man kan för kvävegödsling tänka sig följande strategier.

Strategi I. Skörderelaterad N-gödsling baserad på historiska data med avseende på inomfältvariationer i avkastningen

Genom årligen återkommande skördekartering får man "historiska data", som belyser hur skördarna inom varje delyta varierar med åren. Skördemedelvärdet för ett antal år på en sådan yta borde kunna användas som ett mått på hur denna delyta avviker från andra ytor. N-gödslingen under ett visst år kan sedan varieras inom skiftet på basis av skillnaderna i sådana riktvärden. Problemet är dock att det - särskilt i växtföljder med mycket skiftande grödslag - krävs många år för att få fram säkra riktvärden, med både torrare och fuktigare somrar som underlag. Ett par-tre år är här uppenbarligen inte tillräckligt. Inomfältvariationerna i skördarna är ju inte konstanta från år till år. Skulle nederbörden råka vara god de flesta åren, får man en oklar bild bl.a. av olika fältytors torkkänslighet. Omvänt får man kanske ej med tillräckligt många goda år för att belysa hur höga skördarna kan bli. Att enbart utgå från "historiska data" innebär således att det dröjer många år, innan man vid gödslingen kan förlita sig på fastställda inomfältvariationer i avkastningen. Man får således vänta alltför länge på vinsterna. För årsmånsanpassning under växtsäsongen krävs vidare andra utgångspunkter.

Strategi II. Skörderelaterad precisionsgödsling med kväve baserad på kartläggning av inomfältvariationer i växttillgängligt vatten/torkkänslighet

Det är allmänt känt att jordartssammansättningen i hög grad bestämmer tillgången på växttillgängligt markvatten och därmed torkkänsligheten. Detta påverkar i sin tur skördarna, som ju blir lägre på torkkänsligare ställen. Där blir odlingsosäkerheten också större. Detta inverkar vidare på den avkastningsnivå, till vilken kvävegödslingen bör anpassas. En grundläggande idé är här, att man med hjälp av bl.a. positionsbestämda jordanalysvärden skulle kunna skapa skifteskartor, som beskriver variationerna i torkkänslighet eller tillgång på växttillgängligt vatten under växtsäsongen. På basis härav skulle man sedan kunna dra slutsatser om förväntade avkastningsnivåer och - utan åratals väntan - anpassa N-gödslingen efter dessa skördeskillnader. Ett projekt startades våren 1998 i Västergötland, där detta undersöks. Genom att under växtsäsongen undersöka hur grödan utvecklas får man upplysningar om tilläggsgödsling med kväve behövs. Är tillväxten god och hög skörd förväntas, kan det finnas skäl att tillför mer kväve. Men om marken ställvis är torkkänslig, vilket kan framgå av en torkkänslighetskarta, är troligtvis extra kväve inte lönsamt genom att tillväxten stagnerar när vattnet inte längre räcker till. Där skulle man då inte kompletteringsgödsla.

Modeller för precisionskalkning

Att tillämpa precisionsodlingstekniken inom kalkningen borde kunna bli en tillämpning som kan genomföras i stor skala relativt snart. Dels grundar sig alla kalkningsrekommendationer på jordanalysdata, dels utförs i princip all kalkning av entreprenörer vars ekipage relativt enkelt kan förses med GPS-utrustning. Även jordprovtagningen utförs till stor del av entreprenörer med 4-hjulsdrivna mc av vilka många redan idag har tillgång till GPS-utrustning för koordinatsättning direkt vid provtagningen. Det innebär att alla lantbrukare kan få del av precisionsodlingstekniken för kalkning utan några egna investeringar i utrustning.

Ekonomiskt är det för lantbruket en stor fördel med styrning av kalktillförseln. Att tillföra samma kalkgiva till hela fältet ger ej tillräcklig pH-höjning på vissa delar, medan andra ytor med mindre behov får för högt pH-värde. Det senare medför bl a ökad risk för mikronäringsbrist.

Kalkbehovsberäkning

Kalkningsbehovet varierar normalt mellan och inom fälten. Olika jordarter behöver dessutom olika mängder kalk för att uppnå ett uppsatt mål-pH. Som underlag för en ny beräkningsmodell för kalkbehov har resultat från SLU:s försöksserie R3-1037 använts. I rapport 188, 1992 från Inst. för markvetenskap, SLU redovisar Enok Haak och Gyula Simán resultat från 28 kalkningsförsök från hela landet. På basis av denna sammanställning har sambandet mellan kalkningsbehov och ler- och mullhalt räknats fram. Det framgår då med stor tydlighet, att såväl tilltagande ler- som mullhalt ökar behovet av kalk för att höja pH-värdet ett visst antal pH-enheter. Här erhöles följande samband:

Kalkningsbehov (ton kalk med ca 50% CaO) per pH-enhet = $1,9 + (3,5 \times \text{mullhalt} + \text{lerhalt})/3,8$.
Denna formel gav bästa anpassning till erhållen kalkningseffekt (pH-höjning), r^2 -värde = 0,6.

Då lerhalten av kostnadsskäl inte analyseras som standard, är det en fördel om kalkningsbehovet kan grunda sig på någon annan jordanalys. Av standardanalyserna ger K-HCl-värdet den klart bästa skattningen av lerhalten. Hans Heiwall presenterade i början på 1980-talet ett samband mellan K-HCl och lerhalt. På basis av 63 jordprov representerande olika jordar i R-län erhöil han sambandet lerhalt = $0,122 \times \text{K-HCl} - 3,17$, med r^2 -värdet 0,86. På basis av 231 jämförelser på Bjertorp har vi erhöillit sambandet lerhalt = $0,1036 \times \text{K-HCl} + 6$, med r^2 -värdet 0,60.

Grundat på mullhalt och K-KCl-analys erhöiles följande samband:

Kalkningsbehov (ton kalk med ca 50% CaO) per pH-enhet = $2,2 + 0,85 \times \text{mullhalt} + \text{K-HCl}/28$.
Denna formel gav bästa anpassning till erhållen kalkningseffekt (pH-höjning), r^2 -värde = 0,51.

Kalkningsbehovsberäkning grundad på ler- och mullhalt medger som framgått en något bättre skattning av kalkningsbehovet än vad K-HCl-värde och mullhalt ger. Frågan är dock om det motiverar den betydligt högre kostnad som jordartsbestämning medför. AnalyCens analyspaket 2M innehåller bestämning av bl a mullhalt och K-HCl och kostar ca 150 kr/prov. Analyspaket 4 innehåller dessutom lerhalt och kostar idag 260 kr/prov. Analyserar man enligt paket 4 kan man görs en kalkbehovsberäkning efter en förenklad beräkning av basmättnadsgraden. Denna beräkning har utvecklats av Hans-Ivar Svensson, Agrolab, Kristianstad. Vid jämförelse mellan ovan presenterade formler och beräkning enligt förenklad basmättnadsgradsbestämning på 242 jordprover från Bjertorp erhöiles resultat enligt diagram på sid 3.

Som framgår av diagrammet har beräkningen enligt den förenklade basmättnadsgraden givit kalkningsrekommendation vid något högre pH-värden än de två andra metoderna men även givit svaret ej behov ned till pH 6,1 i något fall. Vid lägre pH ger basmättnadsgraden högre behov än de båda andra metoderna.

Utförda kalkningsförsök

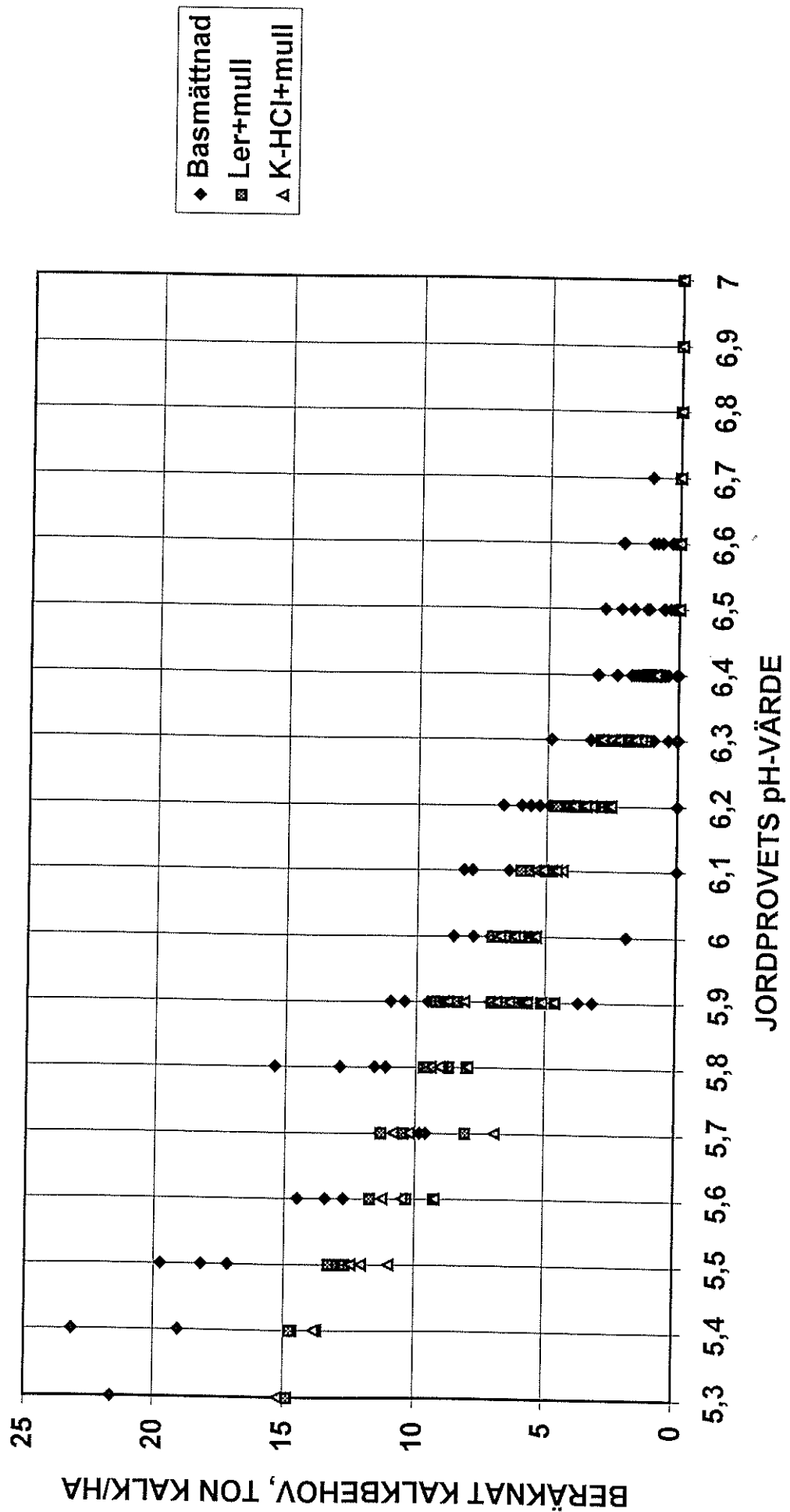
På skifte 1A på Bjertorp förelåg stor skillnad i kalkningsbehov inom fältet. I fältets norra del var kalkbehovet stort och i södra delen mycket litet. I början av oktober 1997 genomfördes kalkning av detta skifte enligt nämnda kalkbehovsberäkning grundad på pH-, mull- och K-HCl-bestämning. Kalkningen utfördes med Nordkalk som finansiär och medhjälpare i planläggningen. Spridningen genomfördes med kalkstensmjöl från Uddagården, bulktransport och rörspridning med Olbyspridare. Med kännedom om vad maskinen sprider per minut beräknades, med vilken hastighet man skulle köra på olika ställen inom skiftet för att få ut rätt mängd. För att föraren skulle kunna hålla reda på den erforderliga körhastigheten inom de olika delytorna användes datorutrustning (LH Agro's LH-5000 och deras data-modul kopplad till en DGPS). Hastighetskartan matades in i LH Agro's Data-modul, varefter LH-5000 visade vilken idealhastighet man skulle ha på varje del av fältet. Härigenom kunde föraren anpassa hastigheten hela tiden. Föraren såg inte det som något större problem, men denna tekniken är nog inte genomförbart i större skala.

Försöket kommer att utvärderas med avseende på erhållet pH-värde och basmättnadsgrad efter två år, då kalktillståndet kan anses ha stabiliserats i marken.

Kalkspridare med automatiskt styrsystem återstående länken

Även om det finns möjligheter att ytterligare förfina kalkbehovsmodellerna så är det nu avsaknaden av kalkspridare med automatisk styrutrustning som är den felande länken i kedjan för precisionskalkning. Den ledande leverantören av kalkspridare, Bredal, arbetar med att lösa detta både för traditionell centrifugalspridare för finkrossade produkter som för en "nygammal" rörspridare för torrt kalkstensmjöl.

KALKBEHOVSBERÄKNING MED TRE METODER, 242 JORDPROV BJERTORP 1996



Kjell Gustafsson
ODAL Växtodling
Mats Söderström
ODAL FoU

Provtagningsstäthet vid markkartering

Introduktion

Frågan om hur tätt man måste ta ut jordprover för att få en bra bedömning av variationen av olika jordanalysvärden inom ett fält har orsakat mycket diskussion i arbetsgruppen för Precisionsodling i Väst. Ej heller på konferensen Precision Agriculture '97 i Warwick gavs något entydigt svar, utan olika forskningsrapporter hade olika uppfattning om detta. Det konstaterades att det beror på omständigheterna.

För att försöka få ett svar på frågan togs det inom projektet hösten 1996 ut ett antal prover med tätare intervall än standard (1 prov/ha). Under hösten 1997 har ytterligare 5 fält provtagits intensivt ned till 25 m intervall mellan provtagningspunkterna. Inom varje sådant fält kan analysvärden på 9 punkter beräknas utifrån provtagning på avstånden 25, 50 eller 100 m, varefter de så erhållna värdena jämförs med faktiska analysdata. Jordproven analyseras med avseende på pH, fosfor, kalium och mullhalt.

I bilaga 1 redovisas prickkartor för varje parameter för en av gårdarna i undersökningen. Det tycks helt klart att utifrån dessa kartbilder där analysvärdena har klassifierats i fem klasser att det i flertalet fall förekommer relativt starka rumsliga trender i den geografiska variationen av analyserade variabler. Framförallt när det gäller löslig fosfor, som i flera tidigare undersökningar visat sig variera mycket kraftigt på korta avstånd och av vissa ansetts som mer eller mindre oförutsägbart, är det intressant att notera att det i det här materialet finns tydliga geografiska skillnader i P-AL-talet inom respektive provtagningsyta.

Vid en geostatistisk analys bekräftades förekomsten av rumsliga trender i datamaterialet. I tabell 1a-d redovisas geostatistiska parametrar tillsammans med statistik för variablerna pH, P-AL, K-AL och mullhalt för respektive gård. Här framgår att räckvidden som regel är betydligt över 100 m vilket är fördelaktigt.

Praktisk utvärdering

Avvikelsen mellan beräknat och konstaterat resultat kommer att värdesättas enligt god rådgivningssed.

En praktisk tillämpning av den kunskap detta delprojekt kan ge skall vara att bedöma behovet av kompletterande provtagning beroende på den sammanvägda variation som erhålls vid en normal punktkartering med 100 m avstånd. Ju större kostnad den sammanvägda variationen innebär i form av större avvikelse från optimal gödsling och kalkning desto tätare provtagning bör vara ekonomiskt motiverad. Vår arbetshypotes är att man först tar ut jordprov med ca 100 m mellan punkterna på hela gården och analyserar dessa. Utifrån analyserna gör man sedan en geostatistisk beräkning och resultatet av denna blir ett förslag på ytterligare provtagningspunkter på de delar av fälten där värdet av den sammanvägda variationen är stor.

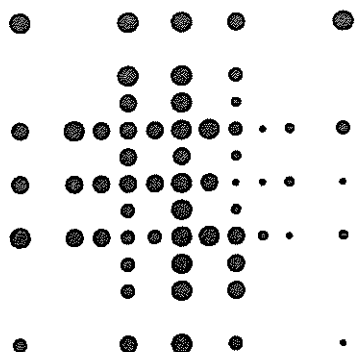
Tabell 1a – d) Sammanfattning av den geostatistiska analysen för pH, P-AL, K-AL och mullhalt.

a) pH	modell	C ₀	C	C ₀ /(C ₀ +C)	Räckvidd	min	medel	max	std.avv
Espesäter	sfärisk	0	0.048	0%	170 m	6.0	6.4	6.7	0.20
Hageby Berga	sfärisk	0	0.090	0%	150 m	5.6	6.3	6.7	0.28
Jursta Gård	sfärisk	0	0.031	0%	115 m	5.7	6.2	6.5	0.18
Stenta Gård	sfärisk	0	0.037	0%	100 m	5.9	6.3	6.7	0.19
Uddetorp	linjär	0.008	0.010	43%	150 m	6.2	6.4	6.8	0.13

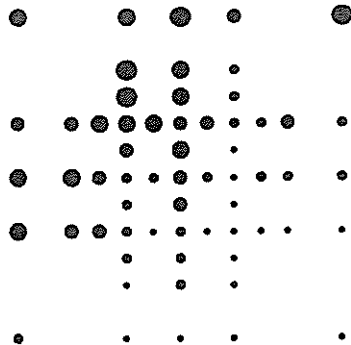
b) P-AL (mg/100 g)	modell	C ₀	C	C ₀ /(C ₀ +C)	Räckvidd	min	medel	max	std.avv
Espesäter	sfärisk	0.8	2.3	25%	75 m	7.1	9.7	16.8	1.67
Hageby Berga	linjär	0	6.8	0%	150 m	2.1	6	13.5	2.64
Jursta Gård	linjär	0	3.3	0%	150 m	2	3.8	10.5	1.85
Stenta Gård	exponent.	0	0.9	0%	200 m	3.4	5	8.8	1
Uddetorp	linjär	0.3	3.0	9%	140 m	4.3	7.8	13.5	1.85

c) K-AL (mg/100 g)	modell	C ₀	C	C ₀ /(C ₀ +C)	Räckvidd	min	medel	max	std.avv
Espesäter	sfärisk	38	25	60%	200 m	15	23	55	7.8
Hageby Berga	sfärisk	2.8	9.2	23%	150 m	11	16	28	3.5
Jursta Gård	linjär	0	18	0%	130 m	9	16	28	4.3
Stenta Gård	sfärisk	6.5	11	37%	105 m	8	16	27	4.1
Uddetorp	sfärisk	6	9.5	39%	100 m	3	10	20	3.9

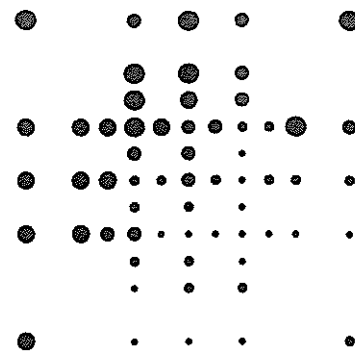
d) Mullhalt (%)	modell	C ₀	C	C ₀ /(C ₀ +C)	Räckvidd	min	medel	max	std.avv
Espesäter	sfärisk	0.1	1.0	9%	125 m	3.5	5.1	7.9	1.06
Hageby Berga	gaussisk	0.1	2.0	5%	200 m	0.9	2.7	9.3	1.44
Jursta Gård	sfärisk	0.15	0.85	15%	190 m	0.9	2.4	4.7	0.94
Stenta Gård	sfärisk	0	0.6	0%	160 m	1.3	2.7	7.2	0.84
Uddetorp	sfärisk	0.15	0.4	27%	170 m	0.3	2.3	4	0.73



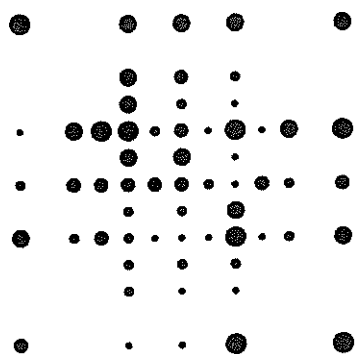
pH



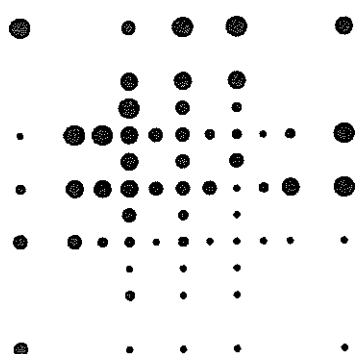
P-AL



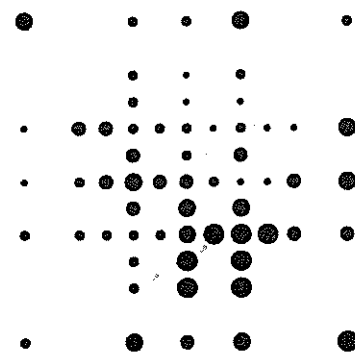
P-HCl



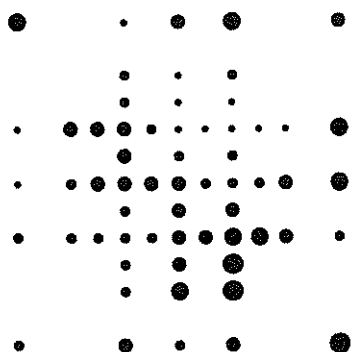
K-AL



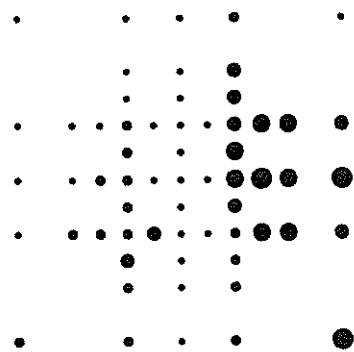
K-HCl



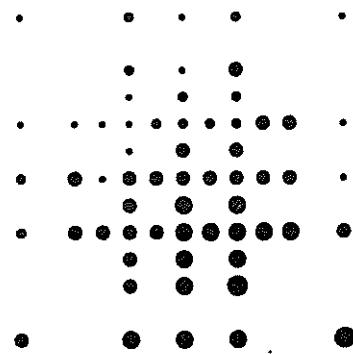
Mg-AL



Cu-HCl



Kalkbehov



Mullhalt

Bilaga 1

Hageby Berga

61		51	28	52		58				
		14	27	38						
		13	26	37						
46	4	5	50	15	25	29	53	39	44	57
			12	24	36					
1	3	6	11	16	23	30	35	40	43	45
			10	22	34					
47	2	7	49	17	21	31	54	41	42	56
			9	20	33					
			8	19	32					
60		48	18	55						59

Christer Karlsson
Hydro Agri Europe, Business Development
Hydro Chafer Ltd.
1 Cow Lane
Upton, Gainsborough
Lincolnshire
DN21 5PB
England

Kvävebehovsbestämning med Hydro Agris N-sensor under pågående tilläggsgödsling

Bakgrund

De nya kunskaper om skördestorlekens variation inom fältet som skördekarteringen har bidragit till ställer nya krav på appliceringen av bland annat kväve. Att enbart variera mängden kväve efter tidigare års skördekartor kunde vara en möjlighet, men då skördekartorna varierar från år till år och mellan grödor har detta visat sig vara svårt. Hydro har under 1995 och 1996 använt skördekartor i kombination med Kalksalpetermätaren för att försöka bestämma kvävebehovet i olika delar av ett fält i Östra Tyskland. En varierad gödsling av kväve (giva 2 och 3) i 24 m breda band har jämförts med en traditionell enhetlig gödsling. I medeltal fick vi en skördeökning på 300 kg/ha, vilket motsvarar 5 % vid en reducerad gödselgiva av 18 kg N/ha (13 %). Metoden är arbetskrävande och inte praktiskt gångbar för större fält. Idén att "fråga växten" vad den behöver tror vi dock fortsatt på och för att förenkla metoden har vi utvecklat ett sensor system för automatisk mätning, databehandling och justering av kvävegivan under pågående spridning, figur 1. Hydro har i projektet samarbetat med Massey Ferguson, Dronningborg och Amazone.

Syftet med försöken 1997

Under 1997 har 30 fält i storleksordningen 5-20 ha gödslats med systemet. Syftet med försöken under har varit att jämföra varierad applicering av kväve i giva 2 och 3 med enhetlig spridning. I försöken har två olika kalibreringar jämförts med en enhetlig giva som motsvarar medelvärdet av kalibrering 2, figur 2.

Metoden

För att reducera inflytandet av annan växtnäringsstress har den första gödselgivan på våren varit en NPK gödsel med svavel. Kvävegivan har reducerats något för att få fram tydligare variationer av kvävebehovet vid senare givor.

Vid den andra (tidigast stadie 31/32) och tredje gödselgivan (efter stadie 37) har två sensorer, vardera placerad sex meter på var sin sida om traktorn, använts. Dessa mäter reflektansen kontinuerligt på en yta motsvarande en kvadratmeter från grödan. En sensor mitt emellan dessa är vänd uppåt för att korrigera för eventuella förändringar i ljusinflöde. Signalerna skickas sedan till en dator som innehåller kalibreringstabeller för grödan. Signalen, i form av önskad gödselgiva, skickas sedan vidare till datorn som kontrollerar gödselspridaren. Gödselspridaren justeras automatiskt inom ett par sekunder från det att sensorn fångade reflektansen från grödan. Utrustningen är kapabel att variera gödselgivan olika på bägge sidor om traktorn.

Utrustningen som kontrollerar gödselgivan lagrar informationen så att appliceringskartor kan tas fram efter avslutad gödsling figur 3. För att se att systemet fungerar har en extra giva applicerats vinkelrätt mot körriktningen.

Utrustningen har också använts för att följa upp hur grödans färg har förändrats 14 dagar efter spridning.

Samtliga fält har skördekarterats och prover har kontinuerligt tagits för analys.

Resultat

Gödselgivan har varierat med upp till 70 kg kväve i enskilda fält. Räknar vi in den vinkelräta kontrollappliceringen blir skillnaden i gödselgiva upp till 120 kg kväve i enskilda fält.

Den varierade gödslingen har givit en enhetligare färg på grödan och i de 15 större fälten i östra Tyskland har samtliga fält visat en mindre variation i färgen när givan varit varierad över fältet jämfört med den enhetliga givan, figur 4.

Skördevariationen följer inte samma mönster som färgvariationen. Vi har erhållit både bättre och sämre skördar, men i medeltal har den varierade gödselgivan givit 1,1% skördeökning (medelskörd ca 8 ton/ha), figur 5. Däremot är variationen i skörd lägre i led som har gödslats variabelt jämfört med de som gödslats enhetligt, figur 6 och 7.

När det gäller skillnader i proteinhalt har inga sådana kunnat påvisats i den prover som hittills analyserats.

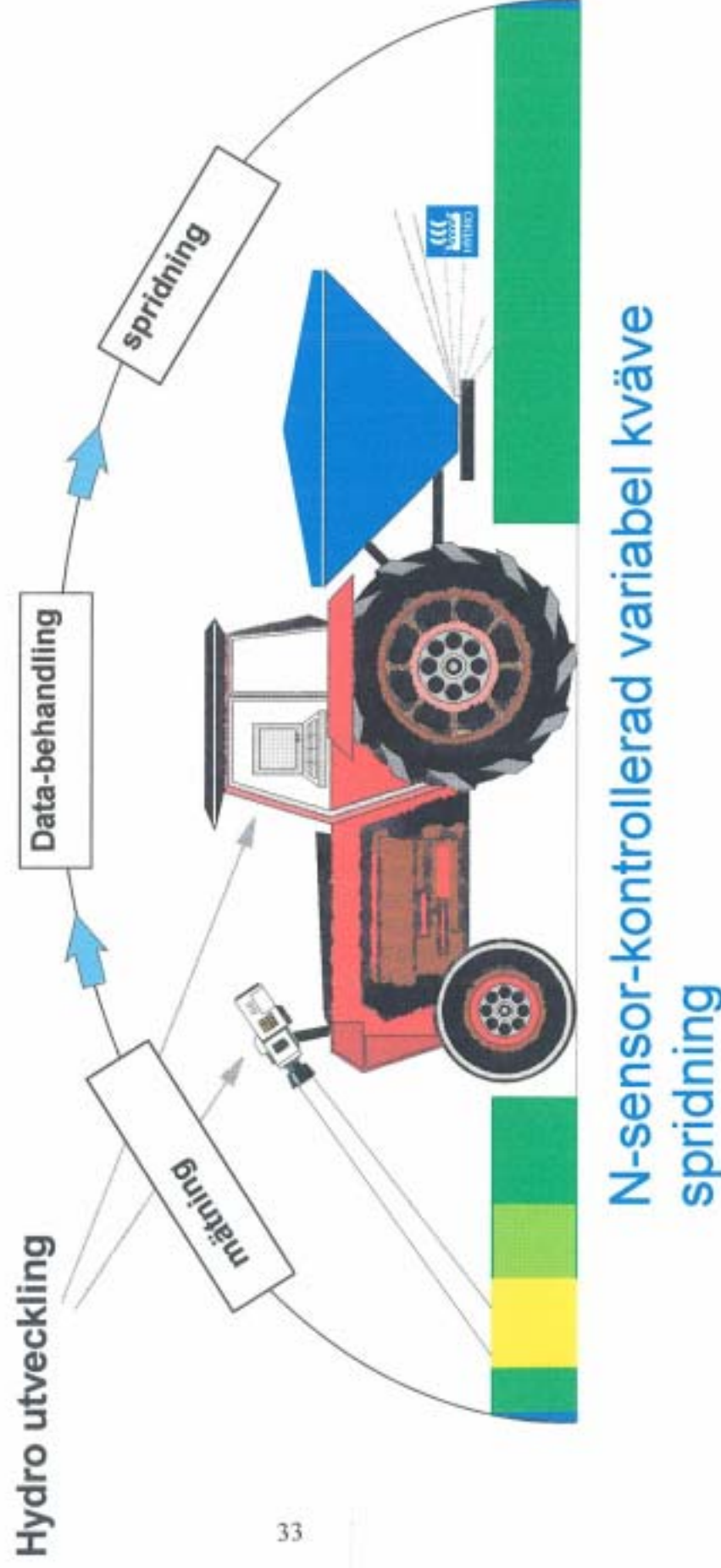
Slutsatser från 1997 års försök

Tillsammans med tidigare erfarenheter från försöken med Kalksalpetermätaren ser vi stora potentialer med sensorer i lantbruket. Förutom de rent ekonomiska fördelarna, ser vi ett ökat behov av att kunna redogöra för hur och varför gödselgivan ser ut som den gör (miljökonsekvenser).

Vi har lärt oss mer om hur olika parametrar som jordens färg, solens höjd över horisonten, sensorernas lutning, beståndstäthet, etc. påverkar mätningen av reflektansen. Det fortsatta utvecklingsarbetet kommer att öka säkerheten ytterligare.

Fråga grödan hur mycket kväve den behöver!

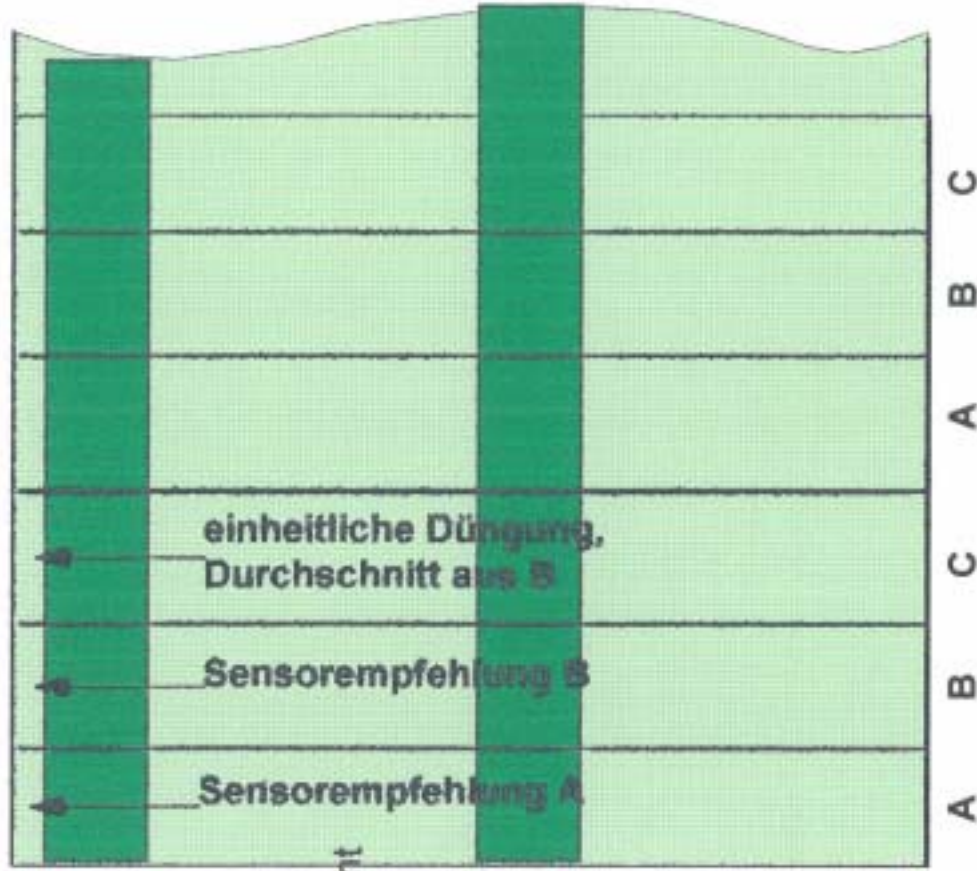
- Effektivare användning av kväve -



Försöksplan 1997

Versuche 1997

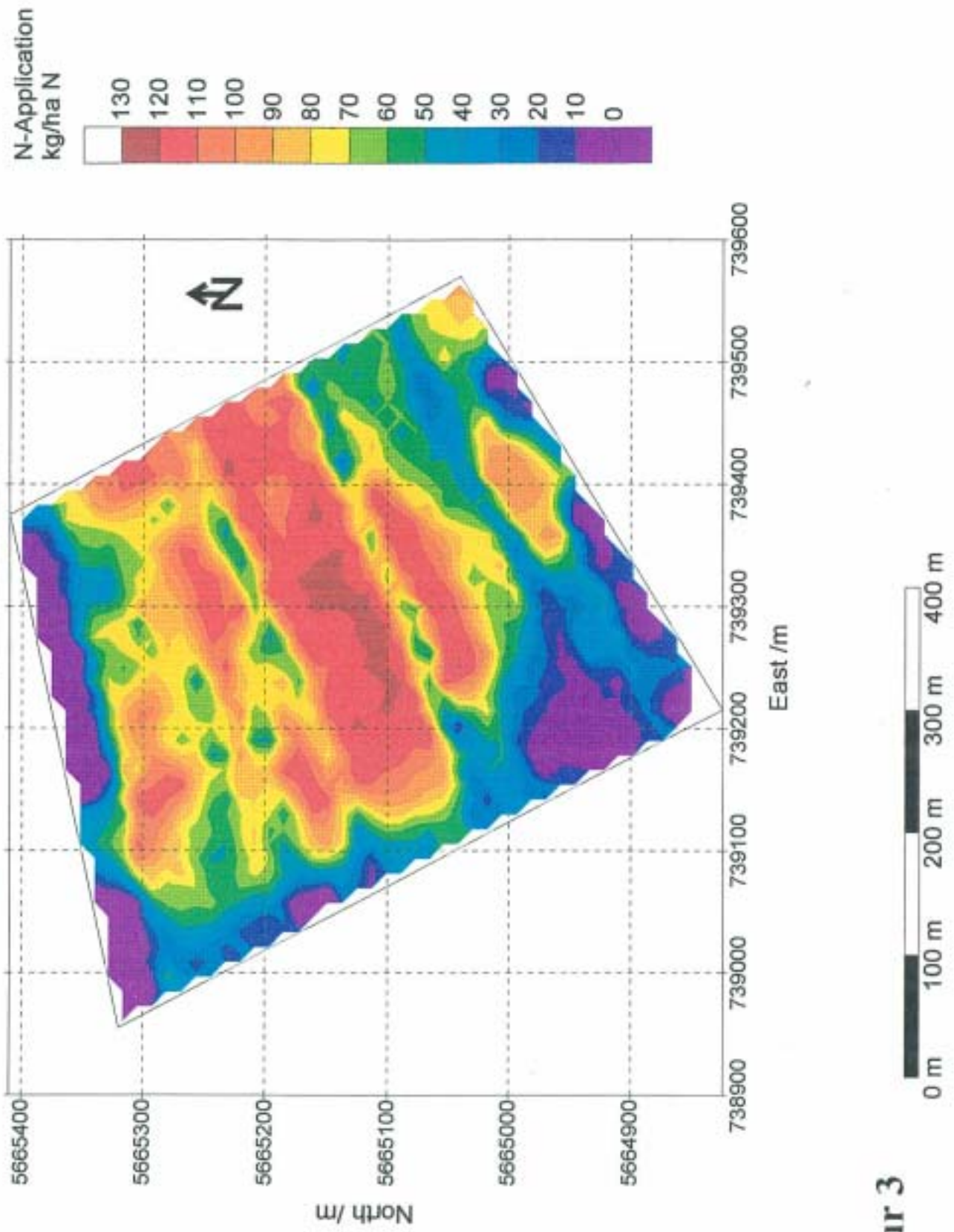
- Streifenversuche (n=30, je Schlag 5-20 ha)
 - Erste N-Gabe: einheitlich und suboptimal
+ zusätzlich 50 kg/ha N auf 2-4 Streifen senkrecht zu den Fahrspuren
 - Behandlungen:
 - A: 2. und 3. Gabe variabel nach Sensorempfehlung (Kalibrierung 1)
 - B: 2. und 3. Gabe variabel nach Sensorempfehlung (Kalibrierung 2)
 - C: 2. und 3. Gabe einheitlich mit Durchschnittsmenge aus Behandlung B
 - je Feld 4 Wiederholungen x 3 Behandlungen



Figur 2

Gödslingskartering

Field "Panzerstraße", Sonneborn 12.05.97



Figur 3

N-sensor-kontrollerad gödsling reducerar variationen i grödans färg jämfört med enhetlig kväve gödsling

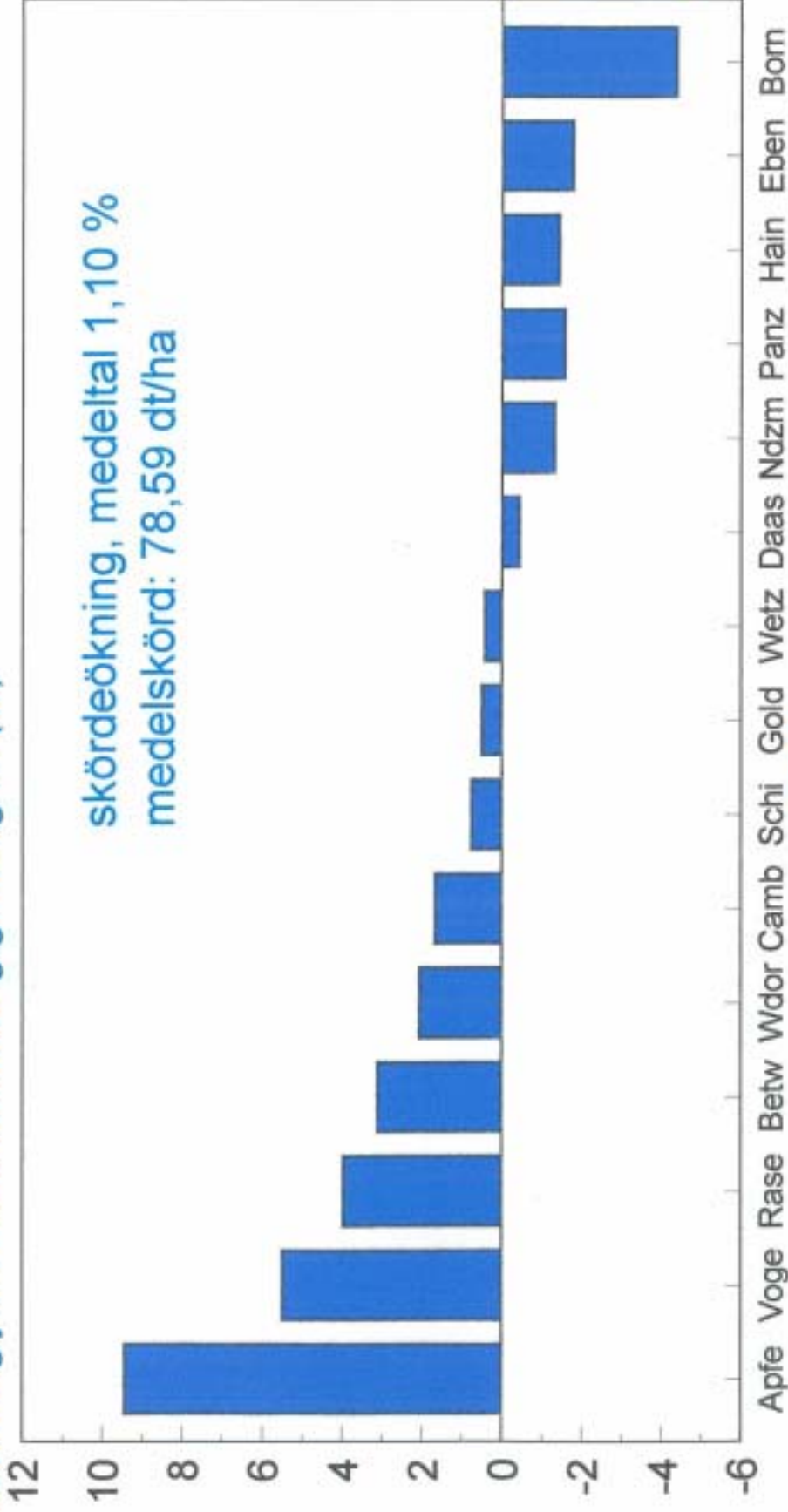


Figur 4

Ökad skörd med hjälp av N-sensorn och varierad gödsling

15 sites Thüringen

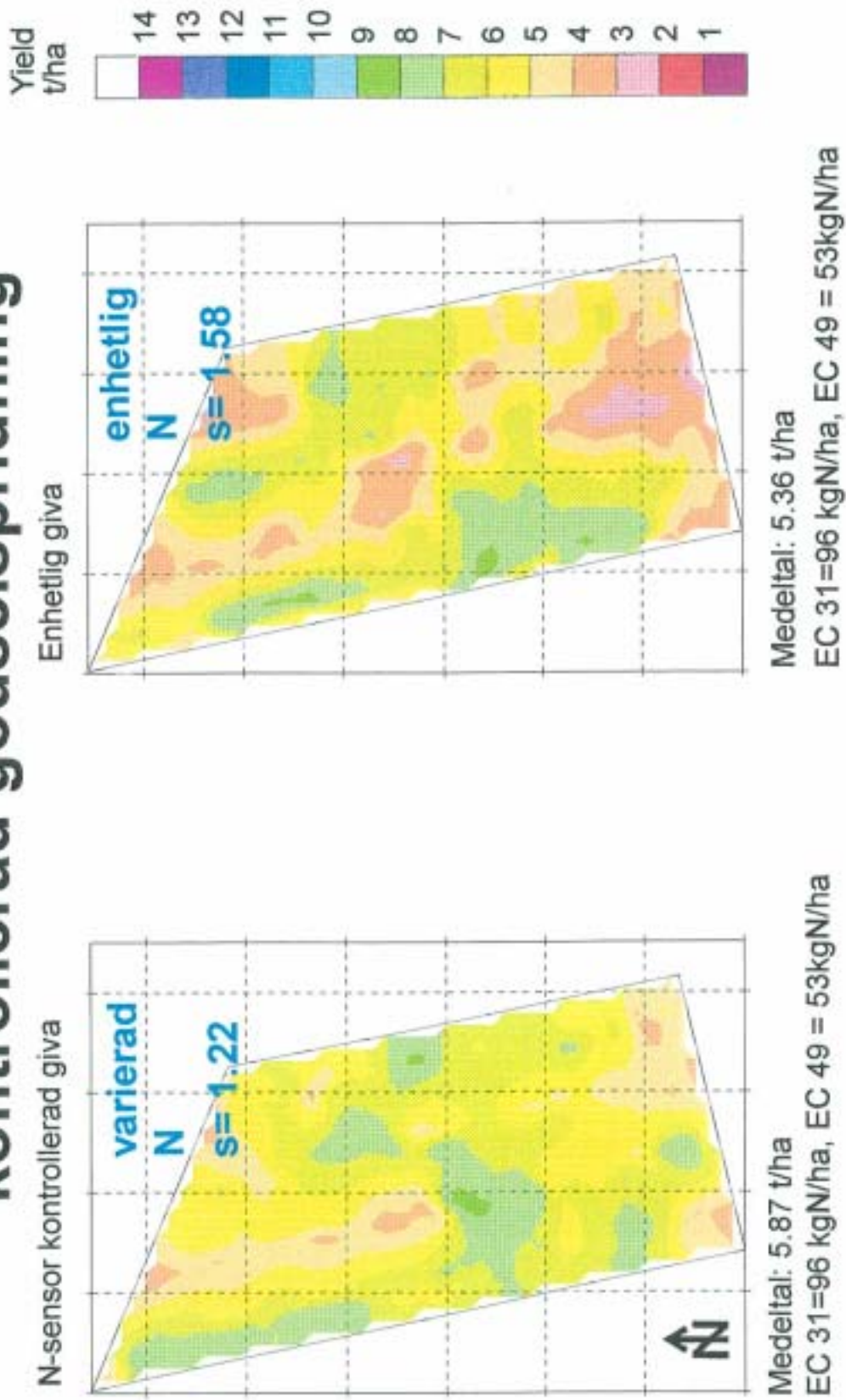
Skördeökning jämfört med enhetlig gödselgiva (%)



Fält

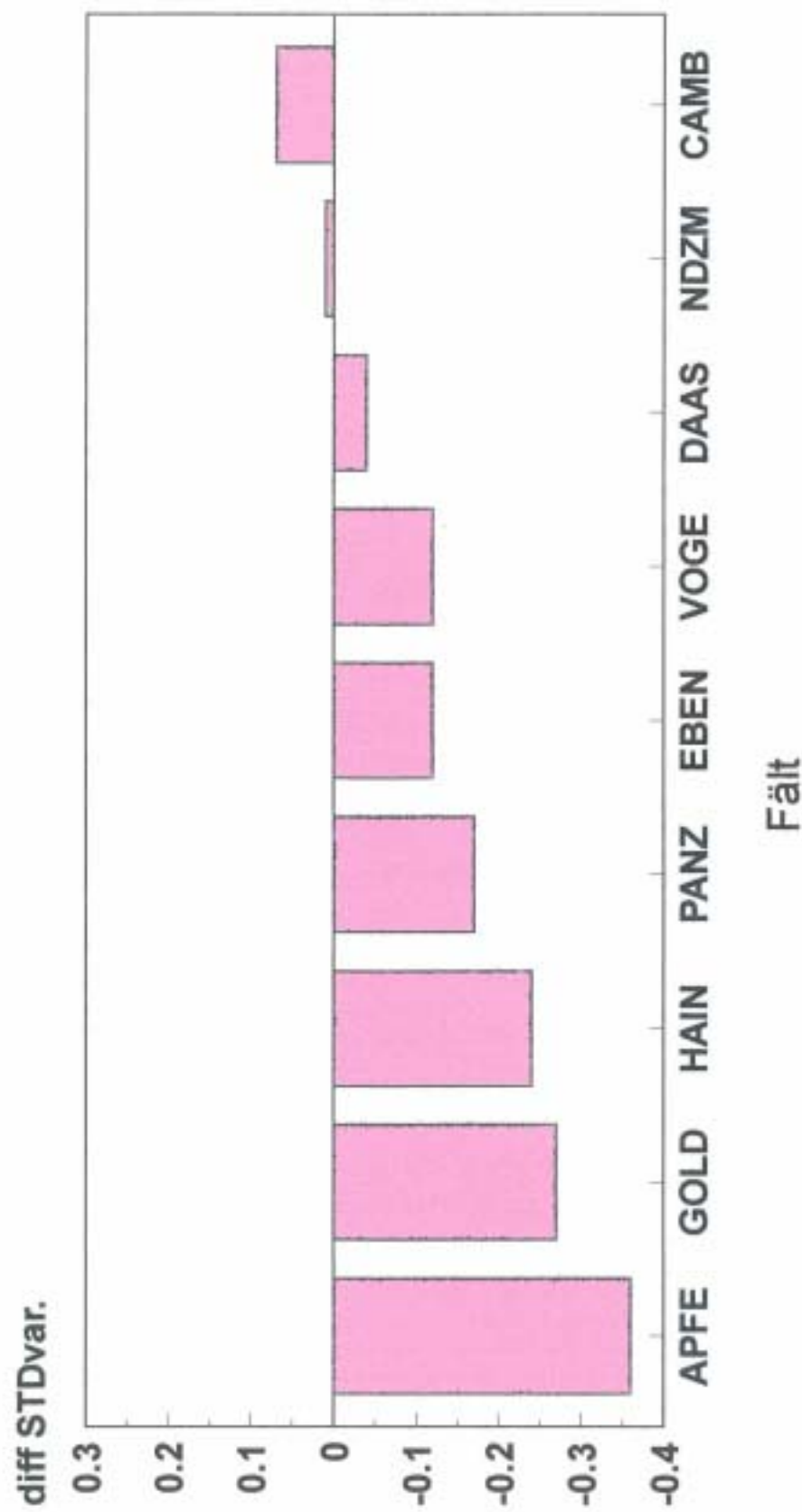
Figur 5

Skördevariationen är reducerad vid N-sensor kontrollerad gödelspridning



Figur 6

Skördevariationen är reducerad med N-sensor baserad gödsling



Figur 7

Lars Thylén
Jordbrukstekniska institutet
Box 7033
S-750 07 UPPSALA

Föredrag vid Precisionsodling '98 – seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998

Precisionsodlingens praktiska och ekonomiska betydelse för lantbrukaren

Precisionsodling i praktiken

Precisionsjordbruk eller växtplatsanpassad odling innebär att man anpassar odlingsåtgärder till växtplatsen, ett vanligt exempel är då man harvar en del av ett fält en gång extra. Växtplatsanpassad odling kräver alltså inte blanka maskiner och "high-tech" utrustning.

Inom precisionsodlingen kan ett antal delmoment särskiljas:

- Datainsamling
- Bearbetning och analys av data
- Beslut
- Genomförande.

Datainsamling

Det första steget då man arbetar med växtplatsanpassad odling är samla in positionsbunden data. Information som samlas in kan exempelvis vara information om mark- avkastnings- eller variationer hos den befintliga grödan. Då man diskuterar datainsamling inom precisionsjordbruket tänker man ofta på mark- och skördekartering, ibland också reflektansmätning. En annan viktig informationskälla är bondens egna observationer. Kraven på insamlad information är dels att datan är relevant dels att den är korrekt.

Bearbetning och analys av data

I system för växtplatsanpassad odling är den insamlade datamängden mycket stor. För att göra datan hanterbar måste den sammanställas. Sammanställningen görs ofta i kartform, bland annat beroende på att kartan ger en bättre överblick än en tabell. Bakom kartan finns dock informationen samlad i ett raster, med positions- och avkastningsdata.

För analys av kartor från ett flertal år är den vanligaste metoden att visuellt studera kartorna. Efter ett par år blir det dock väldigt mycket papper. Problemet med att genomföra analyser på gårdsdatorn är att datorkompetensen som krävs är ganska hög.

Beslut

Beslut om styrning av insatser inom enskilda fält måste baseras på relevant och korrekt data. Man bör ha skördekartor från tre års skörd före beslut baserade på avkastningsvariationer. Styrning av insatsmedel efter markkartor kräver många fler jordprov än någon lantbrukare är beredd att betala för. För styrning av insatsmedel efter markvariationer krävs någon form av sensor.

Ekonomi

Den ekonomiska nyttan med växtplatsanpassad odling varierar med odlingsplatsen. Finns det inga variationer inom fälten, eller om fälten är mycket små är nyttan med odlingstekniken försumbar.

Möjligheter till platsspecifika växtskyddsåtgärder

Torbjörn Ewaldz, Inst f växtskyddsvetenskap, Avd f resistensbiologi, 230 53 Alnarp

Inledning

Under de senaste åren har det skett en snabb utveckling av teknik för att styra och mäta insatsfaktorer i växtproduktionen genom positionsbestämning inom en given areal. Satellitstyrda system som GPS (Global Positioning System) har fått allt fler användningsområden, ännu så länge mest som hjälpmedel vid arealmätning vid ansökan om arealstöd och positionsbestämning av punkter för jordprovtagning, men alltmer även för att effektivt styra insatsen av produktionsmedel.

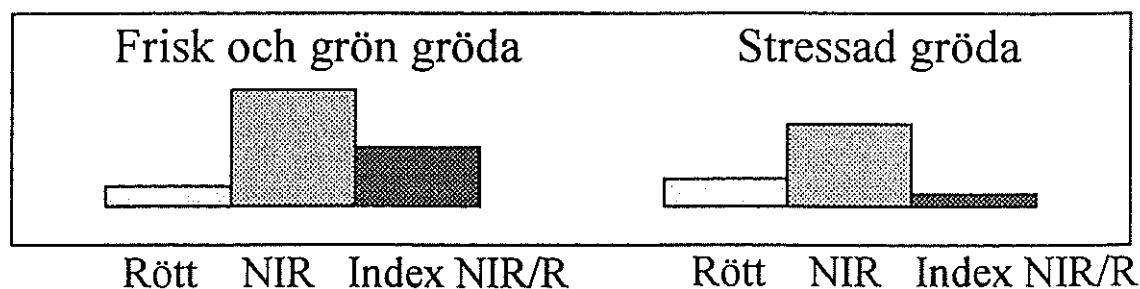
Styrning av insatsmedel

Styrningen av insatsen av fungicider och/eller insekticider är inte lika långt framskriden som styrningen av växtnäring trots att vissa modeller utarbetats. Vissa inledande försök har gjorts i Danmark (Secher et al., 1996) där man speciellt pekat på angreppsgradens beroende av mer eller mindre konstanta faktorer såsom topografi, vindförhållanden, humusinhåll etc. Genom att använda ett dataprogram (PC-Plantevaern) specifikt i varje område av försöksfältet kunde de delar som hade störst angrepp effektivt bekämpas med en något högre dos än vad som anbefallts vid en generell sprutning av fältet (0,44 resp 0,30 l/ha) medan delar med mindre angrepp erhöll en betydligt lägre dos (0,18 l/ha) (Secher et al., 1996). På detta sätt kunde den genomsnittliga användningen av bekämpningsmedlet minskas samtidigt som behandlingen blev mer effektiv där den verkligen behövdes.

Fjärranalys

Det är långt ifrån alltid som man med enbart vind- och topografiska förhållanden kan bestämma bekämpningsbehovet. Det bästa sättet vore naturligtvis att för hand gradera angreppen i ett stort antal punkter i fältet men nackdelen med denna metod är att den är mycket arbetskrävande och tidsödande. Ett tänkbart alternativ för att bestämma angreppets storlek är att utnyttja fjärranalys. Genom att mäta hur mycket ljus som reflekteras (återkastas) undersöks grödan här på ett snabbt och effektivt sätt utan att växtens blad behöver bortföras. I jordbruksgrödor mäts oftast det för människan synliga området (400-700 nm) och det nära infraröda området, NIR (700-1100 nm).

I friska täta grödor sker en stark upptagning och svag återkastning (<15%) av rött ljus samt svag upptagning och stark reflektion (50-90%) av infrarött ljus medan det omvända gäller för stressade grödor. Det är en fördel att kombinera dessa mätningar till ett index som förstärker variationen i grödan. Som exempel kan nämnas Vegetationsindexet (kvoten NIR/R) och Normalised Difference Vegetation Index ($NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$). Hög fotosyntetisk aktivitet resulterar således i höga index-värden. (Figur 1)



Figur 1. Återkastning av rött och närinfrarött ljus samt resulterande index i dels frisk dels stressad gröda.

System för fjärranalys

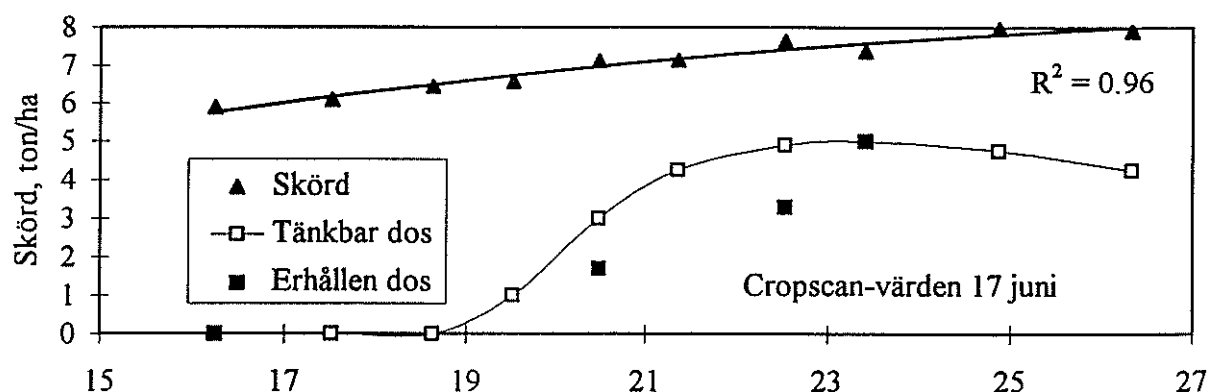
Fjärranalyssystemet kan vara ryddbaserat, luftburet eller markbaserat. I jordbrukshänseende kan man tänka sig användning av alla tre systemen. Det ryddbaserade systemet hämtar data från större områden, landsdelar och länder. Under senare tid används detta allt mer i t ex miljöfrågor p g a behovet att ha tillförlitliga data som beslutsunderlag. Luftburna system kan samla in mätvärden från mindre områden t ex fält eller fältförsök. De markbaserade systemen, bl a cropscannern, används till mätning på mindre ytor t ex fältförsök eller parceller i fältförök. De vanligaste varianterna är handburna eller i vissa fall placerade på lyftkranar.

Användningsområden

I Sverige har utvecklingen letts av docent Hans Eric Nilsson, SLU, Uppsala. Nilsson (1991) hävdar bl a att en crop-scanner kompletterad med IR-termometer och utrustning för mätning av lufttemperatur, -fuktighet och vindhastighet, med stor nytta kan användas till studier av planttillväxt och skördeprognos. Enligt Nilsson kan systemet också tidigt upptäcka och kvantifiera olika stress och sjukdomar men också förenkla vägen mot en bättre och mer behovsanpassad sjukdomsbekämpning.

I en försöksserie i höstevete 1995 (Ewaldz, opubl), med fem sorter, två kvävegivor och tre bekämpningsalternativ, påvisades mycket goda samband mellan cropscan-avläsningar i juni+juli och de erhållna skördarna. Genom att konstruera regressionsmodeller för skördeprognoser i efterhand erhöles i alla sorter förklaringsvärden, R^2 -värden, större än 0.90 (värden mellan 0 och 1, där 1 är bäst). I 90% av 90 observationer erhöles mindre än 400 kg/ha i skillnad mellan uppskattad och erhållen skörd.

I ett försök 1997 undersöktes om det är möjligt att i tid för en eventuell axgångsbehandling i höstevete anpassa dosen efter fältets olika delar och deras individuella behov. Alla skörderesultat är ännu inte inkomna i skrivande stund men vissa tendenser kan i alla fall urskiljas. Redan 17 juni kunde man, med hjälp av cropscannern, med ganska god säkerhet peka ut vilka delar som skulle ge god eller mindre god avkastning (figur 2).



Viktiga frågor: Kan ett angivet cropscan-värde vid axgång ge besked om vilken dos som bör användas på en specifik plats i fältet? ... eller bör man göra en karta över resultaten från en tidigare mätning, t ex vid andra kvävegivan? Kan dosen *minskas* vid de allra högsta värdena?

Litteratur

- Nilsson, H. E. 1991. Hand-held radiometry and IR-thermography of plant diseases in field plot experiments. *International Journal of Remote Sensing*, 12 (3):545-557.
- Secher, B. J., M., Murali, N. S. & Gadegård, K. 1996. Positionsbestemt tildeling af fungicider. SP-rapport nr 4 (1996), 193-199.

Anders Engqvist
Per Wretblad
Patrik Enfält
Per Bengtsson
Sven Andersson
SLU, institutionen för lantbruksteknik
Box 7033, 750 07 Uppsala
email: <förnamn>.<efternamn>@lt.slu.se

TEKNIK FÖR PLATSSPECIFIK BEKÄMPNING

INLEDNING

Den totala bekämpningsmedelsdosen kan minskas med 50%, ofta mer, genom att anpassa dosen efter inomfältssvarierande behov. Platsspecifik bekämpning ger möjligheter till både bättre ekonomi och mindre påverkan på den omgivande miljön genom:

- minskade totaldoser
 - minskad risk för rests substanser
 - minskad risk för vindavdrift
 - minskade preparatkostnader
- färre fyllningar av lantbrukssprutan
 - högre avverkning
 - mindre risk för olyckor vid påfyllning
 - mindre transport av bekämpningsmedel
- ökade möjligheter till planering av sprutfria zoner med GIS
 - planering av sprutfria kantzoner
 - beräkning av anpassat skyddsavstånd till, t.ex. vattendrag, bostadsområden

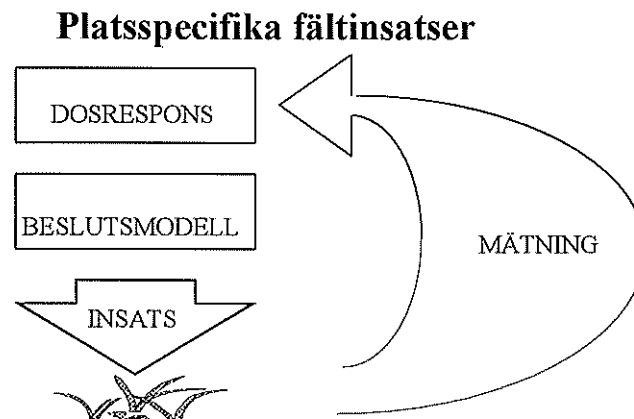
Syftet är här att ge en problembaserad orientering över systemet för platsspecifik bekämpning. Författarna ingår i enheten för mätmetoder i biologiska system (MIBS) vid institutionen för lantbruksteknik, SLU. De områden, hypoteser och problemställningar som tas upp här motsvarar i stort enhetens forskningsprogram inom ämnet precisionsjordbruk.

BAKGRUND

Systemet för platsspecifik bekämpning består huvudsakligen av följande delar (se figur 1): en mätmetod, kunskap om dosresponsen, en beslutsmodell och en metod för att variera insatsen. Systemet kan anses vara representativt för andra fältinsatser än bekämpning, som t.ex. växtnäringstyrning.

Den del som lägger grunden för med vilken kvalitét styrningen av fältinsatsen kan göras är mätmetoden. Med mätmetoden bestäms någon egenskap i fält som påverkar insatsbehovet. Skördekartering är en mätmetod som används bl.a. för växtnäringstyrning medan ogräsförekomst och infektionsgrad är viktiga faktorer att mäta för att styra ogräsbekämpning respektive växtskyddsinsatser. Fördelen med skördekartering är att man inte behöver göra något extra fältarbete. Man mäter i stället det momentana flödet in i spannmålstanken och den absoluta positionen. En nackdel med skördekartering är att man försöker styra t.ex. växtnäringsgivan med föregående års skördedata. När det gäller bekämpning finns det ingen självklar fältoperation som

lämpar sig för en objektiv uppskattning av bekämpningsbehovet. Detta tillsammans med att det bör vara bättre att göra mätningarna samma säsong som insatsen skall göras, optimalt i samband med insatsen. Detta gör beröringsfria mätmetoder som spektrometri och bildanalys intressanta.

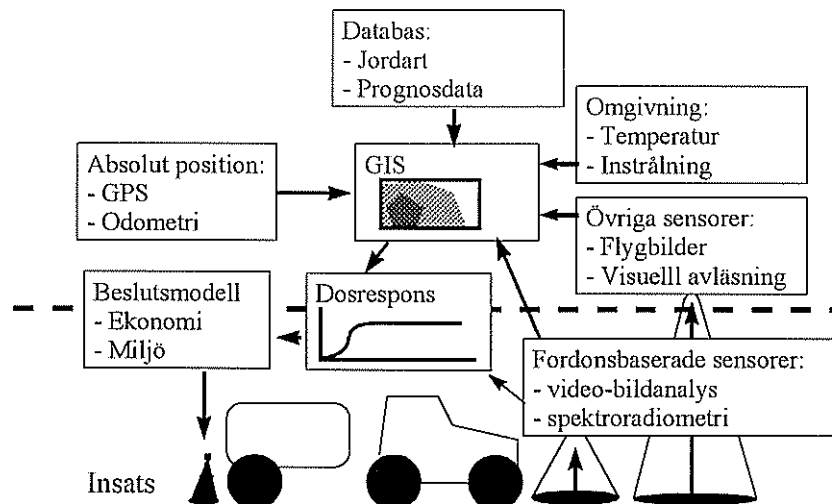


Figur 1. Systemet platsspecifika fältinsatser.

För att kunna bestämma vilken dos bekämpningsmedel som behövs för att uppnå en viss effekt måste någon form av dosresponsmodell finnas. Dosresponsmodellen påverkas dels av hur mycket ogräs som finns eller infektionsgraden men även andra faktorer som grödans konkurrens, växnäringsstatus, planttäthet, växttillgängligt vatten etc.

En beslutsmodell, som även tar hänsyn till ekonomiska, juridiska och miljömässiga faktorer, används slutligen som bestämmer vilken insats som görs.

För att kunna verkställa signaler från beslutsprocessen måste dosen kunna ändras på något sätt under bekämpning. I sin enklaste form kan rampen helt enkelt stängas av där det är obetydligt bekämpningsbehov och sätts på när man träffar på en ogräsfläck eller en infektionshärd. Bekämpningsbehovet kan vara mer nyanserad än så varför en bättre styrning kan behövas.



Figur 2. Platsspecifika fältinsatser med och utan behovskartering.

BEFINTLIGA SYSTEM

Insatsstyrning vid bekämpning kan i sin enklaste variant innebära att föraren manuellt slår av och på rampsektioner när så är lämpligt. Detta kan tillämpas i begränsad omfattning men ställer stora krav på förarens uppmärksamhet. Det konventionella systemet innebär att man upprättar en

dosbehovskarta, utrustar sprutan med ett positionsbestämningssystem och sedan låter en mikrodator styra dosen. Doseringssystemen i dag innebär oftast att man styr flödet med vanliga sprutor genom att ändra trycket.

Ogräskartor kan skapas genom manuell gradering där positionen för avläsningen ges av en bärbar DGPS-utrustning. Persistenta ogräs kan med fördel karteras i samband med skörd om tröskan utrustas med skördekarteringssystem som också lagrar information om till exempel ogräsförekomst när föraren trycker på en knapp. Svampbekämpningsbehovet kan uppskattas genom att uppskatta grödtätheten, t.ex. med spektrala vegetationsindex.

För totalbekämpning finns kommersiella system i Australien, USA och Kanada som automatiskt styr varje munstycke med en avstängningsventil genom att detektera gröna växter med en spektral sensor (Biller m.fl. 1997). Reduktioner i använd mängd bekämpningsmedel på upp till 90% med fullgod bekämpningseffekt har rapporterats från Australien, men normala besparingar ligger på ca. 50%. Systemen med en sensor för varje munstycke har hög geografisk upplösning och detekteringen sker i realtid, vilket gör att inget positionsbestämningssystem behövs. Nackdelen är att de endast fungerar vid totalbekämpning.

INSATSSTYRNING

Det finns flera tänkbara sätt att styra bekämpningsmedelsdosen under gång. Huvudsakligen kan dosen varieras antingen genom att ändra koncentrationen av preparat i sprutvätskan eller genom att ändra applicerad vätskemängd med bibehållen koncentration. Vätskemängden kan ändras genom justering av vätskeflöde eller hastighet.

Det vanligaste sättet att styra bekämpningsinsatsen idag är att utrusta standardsprutan med någon typ av GIS och DGPS-system. Dosen förändras då efter en insatskarta genom att vätsketrycket och därmed flödet regleras. Detta system har många begränsningar. För det första kan flödet bara ändras lika över hela sprutans arbetsbredd. För det andra är trycket en dålig faktor att ändra om man vill påverka vätskeflödet. En ökning av trycket med 25% ökar flödet med lite drygt 10% och en ökning av trycket med 100% ökar flödet med ca. 40%. Samtidigt förändras droppstorleken och därmed påverkas täckningen och risken för vindavdrift.

För att undvika problemet med droppstorleksförändring och det begränsade området inom vilket man kan variera flödet kan man använda sig av sprutor med inre luftassistans där droppbildningen sker med hjälp av luft. Med den tekniken kan flödet ändras inom ett större intervall och med bibehållen droppstorlek. Fortfarande gäller dock att flödet regleras för hela arbetsbredden simultant.

En annan lösning är att använda parallella rampsystem. Med två ramper kan man erhålla tre olika doser med bibehållet tryck och dosen kan varieras för varje rampsektion separat. En försöksspruta med den principen har använts vid institutionen för lantbruksteknik, SLU. Vid Silsoe Research Institute i England har man gått ett steg längre och utvecklat en spruta med två eller tre parallella ramper där systemet automatiskt väljer ramp och tryck för två meter breda sektioner. På så vis kan flödet regleras steglöst över ett stort intervall. Den sprutan finns nu kommersiellt tillgänglig.

Injicerare med variabelt flöde ger möjlighet att förändra dosen under gång utan att frånga för bekämpningstillfället optimal vätskemängd. Försök med injicerare har gjorts i flera forskningsprojekt. Kraven som ställs på en injicerare är att den ska vara tillräckligt exakt, kunna arbeta mot sprutans normala arbetstryck och klara att hantera alla typer av preparat, som kan vara både frätande, slipande, sedimentterande och svårblandade. Åtminstone tills nu har det varit svårt att ta fram en ekonomiskt försvarbar injicerare som uppfyller dessa krav. Slangpumpar klarar att uppfylla de flesta, men kan inte arbeta mot stora mottryck. Det finns dock injiceringsystem som bygger på slangpumpar där man kommit runt problemet med mottrycket.

BERÖRINGSFRIA MÄTMETODER

Beröringsfria mätmetoder som kommer att diskuteras här är optiska metoder. Aktuella optiska mätmetoder är: spektroradiometri och digital bildanalys. Fördelarna är:

- inga mekaniska mätinstrument i grödan eller i marken
- snabba, jämfört med manuella metoder
- förhållandevis billiga och enkla
- möjligheten att användas på halvautomatiska eller helt förarlösa fordon.

Optiska mätsystem kan byggas av befintliga komponenter på marknaden. Det generella problemet är att man ofta använder konventionella analysmetoder som fungerar vid kontrollerade förhållanden men som inte kan hantera fältmässiga förhållanden. Hur väl mätmetoderna fungerar beror på en kombination av att välja hårdvara och att anpassa analysmetoderna till det biologiska systemet.

Bildanalys för styrning av ogräsbekämpning

Bildanalys innebär att man tar in bilder i en dator, lämpligast med en framegrabber och en videokamera, för att sedan analysera bilden med avseende på form, struktur, gråvärde och färg. Metoden är således lämplig att använda för att utnyttja geometriska egenskaper.

När det gäller ogräsbekämpning är i huvudsak två geometriska egenskaper intressanta: bladform och radstruktur. Genom att bestämma bladformen kan ogräs urskiljas från grödan (Engqvist, 1996) och även olika ogräsarter separeras. Med denna metod kan t.ex. herbiciddosen anpassas efter ogräsförekomst.

Raddetektering med bildanalys kan användas till att styra radhackning även där det tidigare inte var praktiskt genomförbart, t.ex. i känsliga grödor eller i grödor med små radavstånd. Detta innebär en helt bekämpningsmedelsfri metod som öppnar möjligheter för grödor där bekämpningsmedel inte kan användas p.g.a. restriktioner eller inom den ekologiska odlingen.

Spektroradiometri för styrning av växtskyddsinsatser

Med en spektroradiometer kan man mäta den spektrala reflektansen inom bestämda våglängdsband. Detta betyder att man mäter det reflekterade ljuset, den elektromagnetiska strålningen, från grödan. Intressanta våglängdsområden är dels det fotosyntetiskt aktiva spektret (ca 450 -750 nm) och dels det nära infraröda spektret (750-1300 nm). Inom detta våglängdsområde avger växter inget ljus av egen kraft utan reflekterar endast infallande ljus. Lämplig utrustning för radiometri i fält mäter därför lämpligast simultant både radians (strålning från grödan) och irradians (infallande strålning).

Den växtpatologiska statusen påverkar hela eller delar av plantan, både systematiskt och som synliga symptom. Åtminstone om man vill göra en uppskattning i tidigt angreppsskede finns det oftast inga tydliga objekt som t.ex. bladfläckar. Således är spektroradiometri en lämplig metod för att mäta hela plantans status om man vill styra insatser, som t.ex. svampbekämpning men även växtnäring.

Problemet med denna mätmetod är att flera faktorer påverkar den spektrala reflektansen än den som avses att mäta. Därför vidareutvecklas hypotesen med att mätmetoden dels måste ha en hög spektral upplösning och analysmetoden måste anpassas till att både mäta den aktuella egenskapen och urskilja orsaken till den uppmätta skillnaden.

I pågående projekt, med medel från SLF, tas en utrustning fram för fältmässig spektroradiometri där våglängdsbandet 450-1000 nm delas in i drygt 200 st våglängdsband. Detta skall jämföras med befintlig utrustning för sk. multispektral radiometri i fält med en upplösning på max 8 våglängdsband inom samma spektrum. Utrustning med ännu högre spektral upplösning finns på marknaden men är ofta betydligt otympligare och lämpar sig oftast för mätningar på prover i labb.

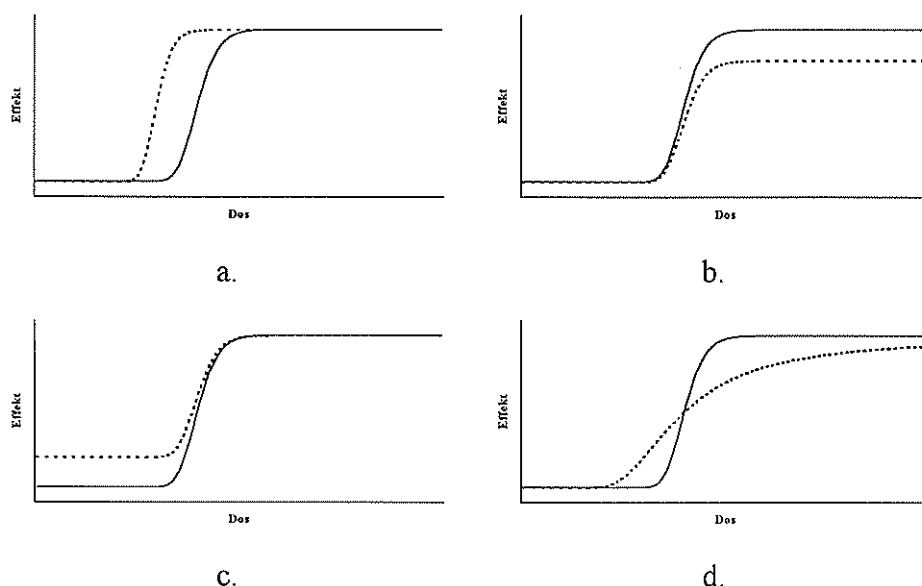
Spektroradiometri för ogräsdetektering har studerats och har gett lovande resultat på enskilda blad i labb. De studier som gjorts i fält har visat varierande resultat. Ofta är bruset större än den egenskap som studeras.

DOSRESPONS

För att kunna bestämma den optimala dosen måste dosresponsen vara känd.

Dosresponsfunktionen beskrivs ofta matematiskt för att kunna beräkna optimal dos (t.ex. Alness and Hagenvall, 1994; Enfält m.fl., 1996; Seefeldt m.fl., 1995). Figur 3 visar principer för hur dosrespons sambandet kan påverkas.

Den optimala dosen för att uppnå ett visst bekämpningsresultat kan beräknas om sambandet mellan dosen och tillväxten för ogräsen är känt (Engqvist m.fl. 1997, se figur 4). Hur stor del av fältet som man vill ha effekt på kommer också att inverka på den erforderliga dosen.

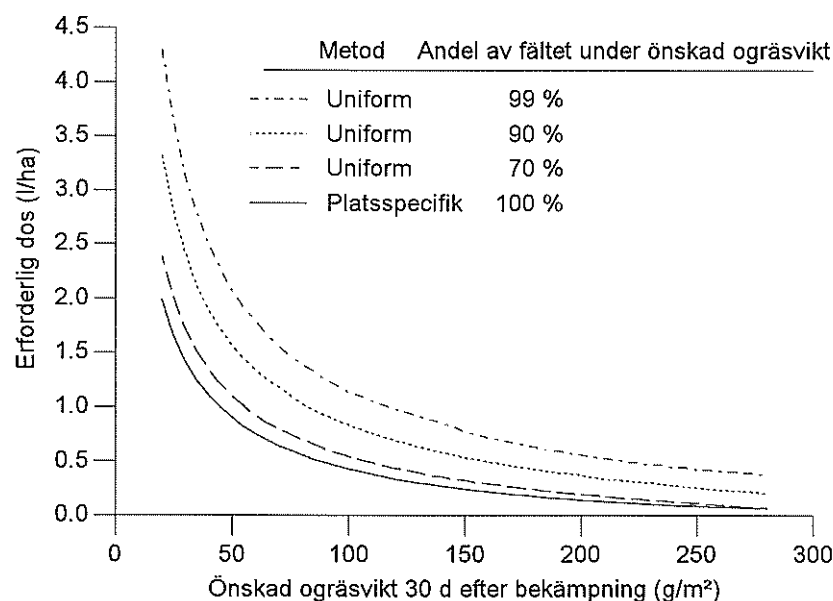


Figur 3. a. Kurvan förskjuts på dosaxeln d v s att lika effekt erhålls men med olika doser. Detta inträffar då behandlingen påverkas t ex genom sprutteknik, klimat, tillsatsmedel mm.

b. Kurvan får annat slutvärde på effektaxeln d v s att en annan maximal effekt erhålls av behandlingen. Troligtvis mycket vanligt när olika biologiska förutsättningar jämförs, t ex behandlingstidpunkt, ogrästryck mm.

c. Kurvan har ett annat begynnelsevärde på effektaxeln d v s en viss effekt har erhållits redan innan behandling utförts. Man kan anta att det är ett vanligt fenomen när växten på något sätt gynnas gentemot skadegöraren t ex en resistent sort, odlingsmetod etc.

d. Kurvan får en annan lutning. Detta orsakas av variationer i materialet t ex ojämna spridning i fältet försöksfel eller sammanställning av resultat med olika förutsättningar. (efter Alness och Hagenvall, 1994).



Figur 4. Erforderlig dos för platsspecifik herbicidsprutning med avseende på önskad ogräsvikt och andel av fältytan under önskad ogräsvikt. (efter Engqvist m.fl. 1997). Jämförelsen görs även med uniform dosering (en dos över hela fältet).

SLUTSATSER

Med denna beskrivning av systemet för platsspecifik ogräsbekämpning kan man se att mätmetoden är den svaga länken i systemet. Tillämpbarheten kommer helt att bero på med vilken säkerhet och upplösning som ogräsbekämpningsbehovet kan mätas, antingen i form av en bekämpningsbehovskartering eller en realtidssensor på fordonet. Framsteg i utvecklingen på mätmetodsidan kommer att ha spin-off-effekt på hela systemet och forskningen och utvecklingen av övriga delar i systemet som dosrespons, beslutsmodeller och metoder för att variera dosen på sprutan kommer att underlättas.

REFERENSER

- Alness, K. och Hagenvall, H. (1994) Dos-respons i forskning och praktik. In: **35th Swedish Crop Protection Conference**, Uppsala 26-27 January 1994. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 201-212.
- Biller, R.H., Hollstein, A. och Sommer, C. 1997. Precision application of herbicides by use of optoelectronic sensors. In: **Precision Agriculture '97**. Papers presented at the First European Conference in Precision Agriculture, Warwick University Conference Centre, UK, 7-10 September 1997 (J.V. Stafford eds.), 451-458.
- Enfält, P., Alness, K., Engqvist, A. (1996) A mathematical model of dose response behaviour - depending on the spray liquid distribution. **AgEng96**, Madrid 23/26 September 1996, Paper 96A-132, Vol 1, 271-272.
- Engqvist, A. 1996. Weed detection with image analysis. In: **Reports of the Finnish Geodetic Institute, 96:4**. Remote Sensing in Agriculture, Proceedings, NJF seminar held at Finnish Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland October 21-23, 1996 (eds. Risto Kuittinen), 82-87.
- Engqvist, A., Bengtsson, P., Enfält, P. och Alness, K. 1997. A model for site specific broad-leaved weed control based on weed plant variables. In: **Precision Agriculture '97**. Papers presented at the First European Conference in Precision Agriculture, Warwick University Conference Centre, UK, 7-10 September 1997 (J.V. Stafford eds.), 869-878.
- Seefeldt, S.S., Jensen, J.E., Fuerst, E.P. (1995) Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, 9, 218-227.

Karl Eriksson
Hushållningssällskapet Skaraborg
Skara

VARIATIONER I KVÄVEUTNYTTJANDE INOM FÄLTET

Posterutställning vid "Precisionsodling '98" i Skara den 10 mars

Högre kväveutnyttjande genom växtplatsanpassad gödsling

JTI (Jordbrukstekniska institutet) och SLU (Sveriges lantbruksuniversitet) har under 1997 genomfört ett projekt där inomfältvariationer i kväveutnyttjande och ekonomiskt optimal kvävegiva studerats. Karl Eriksson och Martin Niklasson har utfört studien som ett examensarbete inom agronomprogrammet.

Fältförsök i höstvet

Ett fältförsök genomfördes i Uppsalatrakten på ett höstvetefält där de föregående årens grödor skörde-karterats. Fyra kväveintensitetsförsök (N1-N4) placerades ut på fältdelar som tidigare år har givit olika skördenivå. För att få en god bild av fältet lades 79 parceller ut som behandlades på samma sätt som övriga fältet men tröskades med parcelltröska och undersöktes grundligt beträffande markegenskaper. Fältet gödslades med 150 kg N/ha.

Stora skillnader i kvävebehov trots jämn skörd

Trots att avkastningen var så pass jämn över hela fältet, fanns det betydande skillnader i kväve-gödslingsbehovet. Den ekonomiskt optimala kvävegivan i N1 och N2 var 180 respektive 170 kg N/ha. I N3 och N4 var den 110 kg N/ha, dvs 40 kg lägre än fältgivan. Dessa skillnader hade inte kunnat förutsägas utifrån de föregående årens skördekartor utan berodde i första hand på olikheter i markens kväveleverans.

Ingen ökning i restkväve vid givor upp till 150 kg N/ha

Restkväve är det mineralkväve som finns kvar i marken vid skörden och riskerar att utlakas. I detta försök var restkvävenivåerna mycket likartade för kvävegivor upp t.o.m. 150 kg N/ha. Vid givan 150 kg N/ha, var mängden restkväve nästan identisk i alla fyra försök och låg på omkring 40 kg N/ha. Vid gödslingen 200 kg N/ha, såg man en kraftig ökning i restkväve i tre utav de fyra försöken.

Tvärt emot vad som förväntades, fanns det sett över hela fältet inte något samband mellan skörd och restkvävemängd. Det verkar som om avkastningen inom fältet var alltför jämn för att ge utslag på mängden restkväve i detta försök.

Stora kväveförluster under säsongen

Kväveförlusterna under säsongen ökade med stigande gödslingsgivor. Vid gödsling med 150 kg N/ha har 40-70 kg försvunnit. Särskilt i N3 och N4, där den optimala givan var låg, har mycket kväve försvunnit under säsongen. Förlusterna berodde troligen mest på denitrifikation (avgång till luften i form av kvävgas). Ett år med mindre förluster under säsongen skulle sannolikt mer av överskottskvävet funnits kvar i marken vid skörd.

Både skörden och markens kväveleverans måste förutsägas

Växtplatsanpassad kvävegödsling kan ge stora vinster, men det är fortfarande svårt att veta hur anpassningen skall göras. Vi tror att det krävs dels ett antal skördekartor från samma eller likvärdig gröda och någon form av kartläggning av fältens kvävelevererande förmåga. En sådan skulle kunna göras genom att man under några år lämnar ett par ogödslade kördrag på fälten som sedan skördas separat med GPS-tröskan.

Beställ rapporten

Rapporten ”Högre kväveutnyttjande genom växtplatsanpassad gödsling” kan beställas från JTI på tel: 018 - 30 33 00 eller läsas på JTI:s hemsida: www.jti.slu.se.

Information om projektet kan erhållas från någon av nedanstående personer:

Karl Eriksson, Hushållningssällskapet i Skaraborg, tel: 0511-248 00

Martin Niklasson, Hushållningssällskapet i Södermanland, tel: 070-567 40 27

Per-Anders Algerbo, JTI Uppsala, tel: se ovan

Lars Thylén, JTI Uppsala, tel: se ovan

Anpassad kvävegiva för bättre kväveeffektivitet.

Värdering av olika mark- och gröd-variabler för prediktion av N-skörd på Bjertorp 1996

Thomas Börjesson

SLR FoU C/o AnalyCen

Box 244

532 23 SKARA

Undersökningsytor på Bjertorp

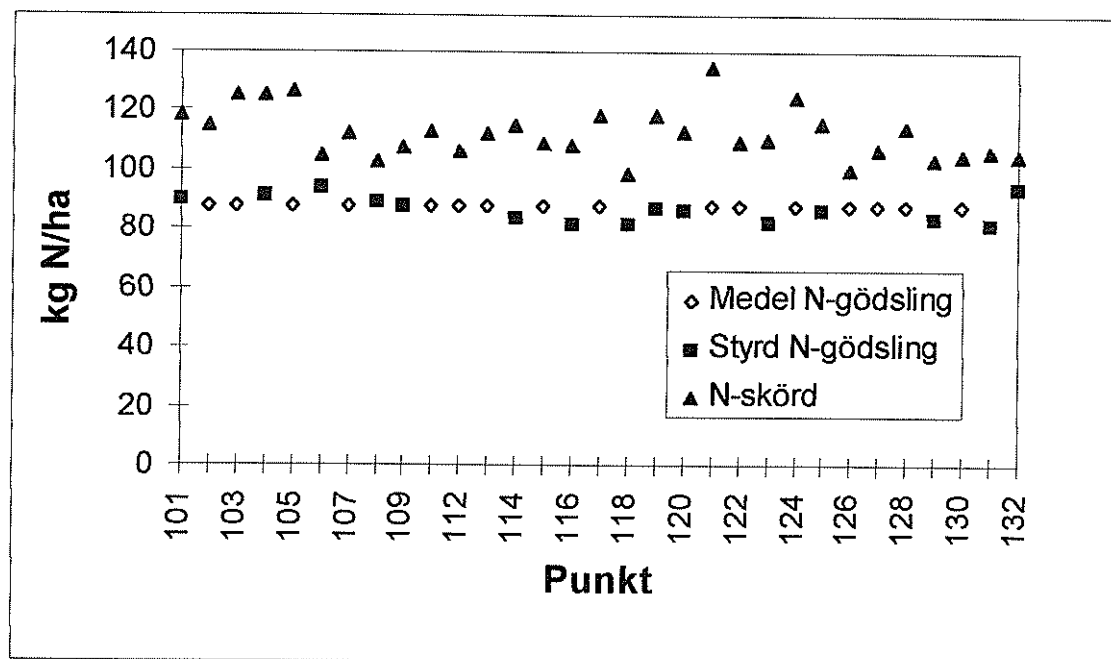
På Bjertorps undersökningsytor om 6 respektive 9 ha med 33 respektive 50 provtagningspunkter på skifte 18 har två system för styrning av kvävetillförseln testats. På 6 ha-skiftet (18E) styrdes kvävetillförseln på varannat kördrag om 24 m efter 1995 års skördevärdet medan vartannat fick normal giva. På 9 ha-skiftet (18D) styrdes istället kvävetillförseln efter mineralkväve (0-60 cm) under tidig vår i vartannat drag.

Syftet var att studera om man genom att styra gödselgivan erhöill ett effektivare kväveutnyttjande, en högre kvot mellan upptaget och tillfört kväve. Dessutom var avsikten att försöka erhålla en jämnare proteinhalt.

En stor mängd mark- och gröddata insamlades från provpunkterna och en av avsikterna med detta var att studera vilka variabler som är mest användbara när det gäller att prediktera kväveskördens storlek. De variabler som användes för dessa studier redovisas i tabell 1 (skifte 18D) och tabell 2 (skifte 18E) i tabellbilaga. Vissa provpunkter har en ofullständig uppsättning mätdata och användes inte i denna undersökning.

Kväveeffektivitet

För skifte 18E erhöills ingen ökad effektivitet i kväveutnyttjandet då tillförseln av kväve styrdes. Däremot var det positiva sambandet mellan kväveskördens storlek och effektiviteten starkt. Generellt erhöills högre kväveskörd än tillfört kväve (Figur 1).



Figur 1.

Förhållande mellan tillfört kväve enligt medelgödsling respektive styrd gödsling och kväveskörd för 33 provpunkter i undersökningsyta 18E.

Proteinhalter

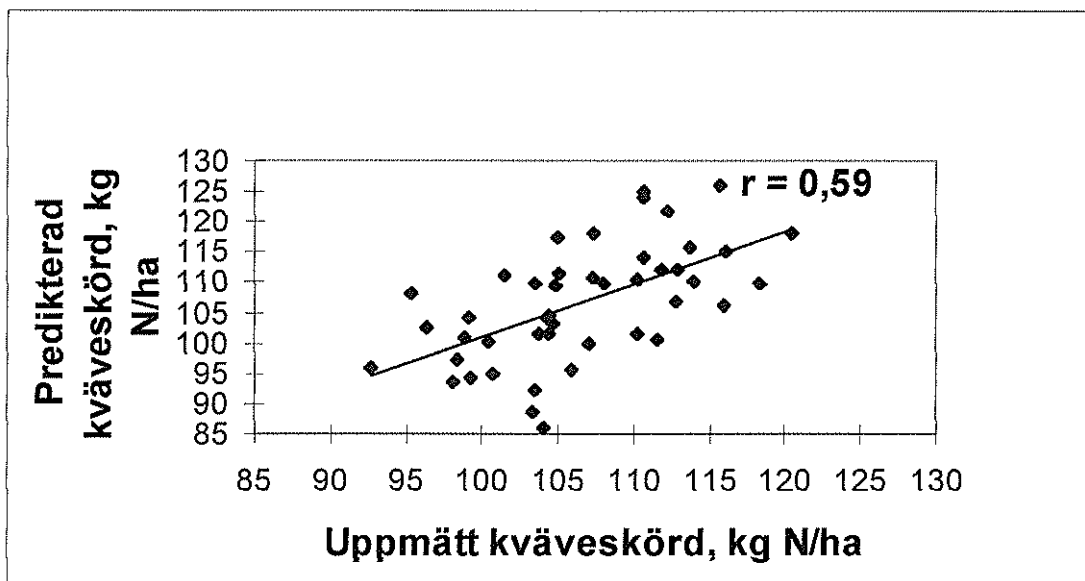
Styrning av kvävetillförseln gav inte jämnare proteinhalter varken på undersökningsyta 18D eller 18E.

Gradering av variabler för prediktion av kväveskörd

Detta har hittills endast gjorts med hjälp av PLS (Partial Least Squares). Detta är en multivariat utvärderingsrutin där variationen i ett datamaterial koncentreras till ett litet antal s.k. latent variabler. Dessa latent variabler är nyskapade variabler där ursprungsvariablerna, t.ex. markdata, ingår med olika stora bidrag. De latent variablerna skapas för att så mycket variation i y-variabeln, i detta fall kväveskörd, skall koncentreras till så få variabler som möjligt. Genom att studera hur mycket av de olika ursprungsvariablerna som ingår i de viktigaste latent variablerna, kan man få ett mått på ursprungsvariablernas betydelse.

Med hjälp av de latent variablerna kan man också få ett mått på prediktionsförmågan för y, dvs. kväveskörd. I detta fall tillverkas en modell med hjälp av alla prov utom ett och sedan testas prediktionsförmågan på detta utelämnade prov. Detta upprepas för samtliga prover. Man får således en test av modellen på prover som inte ingått i modellen (korsvalidering).

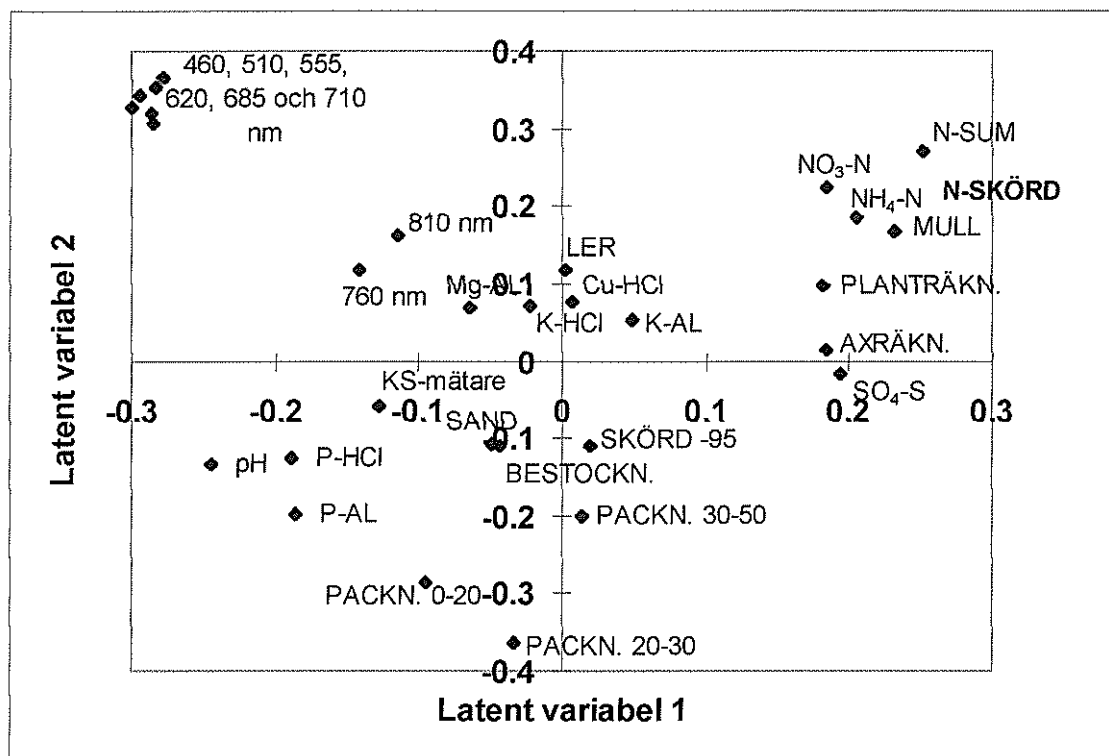
För skifte 18D erhöles en ganska bra modell med endast en latent variabel som förklarade ungefär 35% av variationen i kväveskörd. En korrelationskoefficient mellan uppmätt och predikterad kväveskörd på 0,59 uppnåddes och ett standardfel (SEP) på ungefär 7,8 kg kväve per hektar (Figur 2).



Figur 2.

Uppmätta kväveskördar för provplatser i undersökningsruta 18D jämfört med kväveskördar predikterade med hjälp av en latent variabel och korsvalidering.

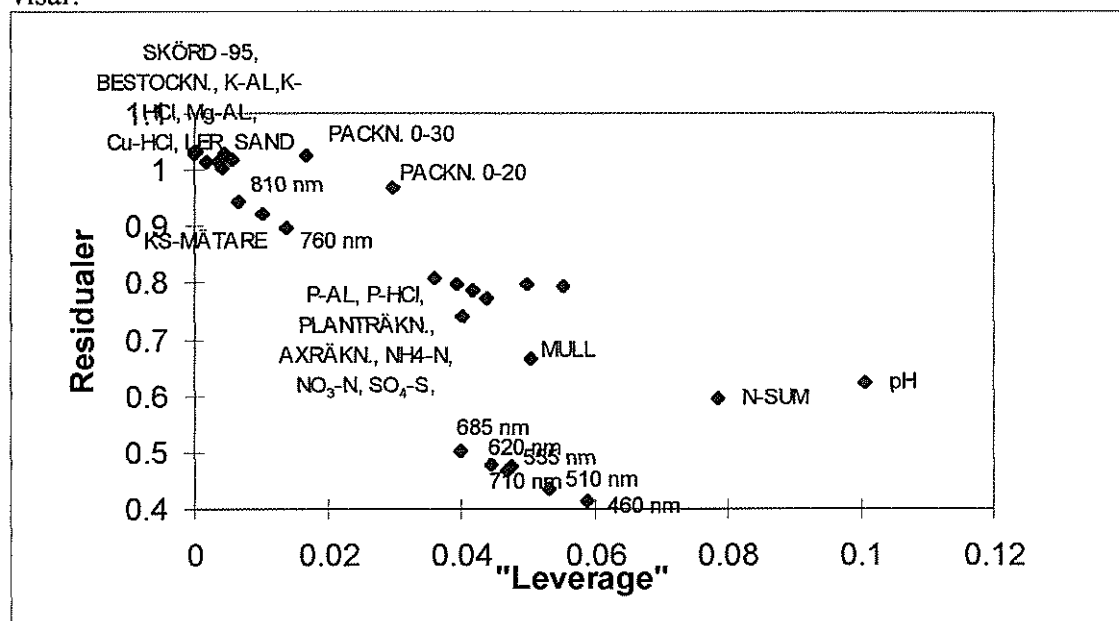
En s.k. loadingplot (Figur 3) ger upplysningar om relationer mellan olika variabler. Variabler som ligger nära varandra är positivt korrelerade och variabler som ligger långt från varandra är negativt korrelerade. Variabelnamnen har förkortats och en fullständig beskrivning av sort m.m ges i tabell 1.



Figur 3.
"Loading plot" som visar relationer mellan olika variabler.

Av figur 3 framgår att framförallt mineralkväve på våren och mullhalt är positivt korrelerade till kväveskörd. Det gäller även antalet ax och plantor per ytenhet. Negativt korrelation föreligger mellan kväveskörd och cropscaan-reflektans för våglängder mellan 460 och 710 (längst upp till vänster i figur 3) och även mellan P-AL och kväveskörd.

Ytterligare ett sätt att använda PLS för att värdera variabler är att studera hur stor betydelse olika variabler har för modellen, vilket en s.k. "residual variance/leverage plot" (figur 4) visar.



Figur 4.
"Residual variance - leverage plot" som visar variablernas påverkan på modellen "leverage" och överensstämmelse med modellen "residual variance".

Variabler med högt "leverage"- värde påverkar modellen mycket, men behöver nödvändigtvis inte ha ett "gott" inflytande. Variabler med lågt värde på "residual variance" överensstämmer däremot bra med modellen och har ett positivt inflytande, dock ej nödvändigtvis ett stort. De viktigaste variablerna hittar man därmed i de nedre högra hörnet: cropsca-data, mullhalt, mineralkväve och pH.

Som framgår av det föregående, tycktes t.ex. cropsca data ge värdefull information om kväveskörden. Dock visade det sig att skörden kunde predikteras nästan lika bra även utan att cropsca-data användes. Utan cropsca-data blev korrelationskoefficienten mellan predikterad och verklig kväveskörd 0,57 och medelfelet 7,8 kg N/ha.

När det gäller skifte 18E, gick det inte att få någon bra modell då provplatser med styrd växtnäring ingick. Däremot kunde för de medelgödslade provplatserna en latent variabel tas ut som förklarade 40% av variationen i kväveskörd. Till de ursprungsvariabler som tycktes ha stort inflytande hörde Mg-AL, lerinnehåll och sandinnehåll.

En korrelationskoefficient på 0,59 mellan predikterad och uppmätt kväveskörd uppmättes.

Sammanfattning

Det var inte möjligt att se något samband mellan kväveeffektivitet och styrning av gödselgivan i denna undersökning. En orsak till detta kan vara att variationerna mellan kvävegivorna var mycket små. Detta kan möjligen vara en orsak till att man inte heller fick någon utjämning av proteinhalterna.

En stor del av skillnaderna i kväveskörden kan inte förklaras av de variabler som mätts på mark och gröda. Dock var det möjligt att göra hyggliga prediktioner av kväveskörden med hjälp av markdata. Till de markdata som tycktes ha stor betydelse hör mullhalt, jordart och kväveinnehåll. Cropsca-data föreföll också ge värdefull information, även om markdata tycktes vara viktigare.

Tabell 1, fortsättning.																
samtliga	NH ₄ N	NO ₃ -N	N-SUM	SO ₄ -S	KS-mätare	Bestockn.	Axräkn.	Planträkn.	Packning (Penetrometer)							
	kg/ha	kg/ha -96	kg/ha -96	kg/ha -96					0-20 cm	20-30 cm	30-50 cm					
Medelvärde	4.06	23.36	27.42	5.19	462.11	2.65	168.62	64.60	11.86	16.31	21.14					
Standardavvikelse	2.79	4.19	5.35	0.84	27.02	0.36	21.41	10.38	0.75	1.29	1.21					
Minsta värde	0.30	13.70	14.00	3.30	402.00	2.05	136.00	39.00	10.60	14.12	18.53					
Största värde	9.60	33.20	41.50	7.40	507.00	3.78	231.00	83.00	14.69	19.52	24.66					
Variationskoefficient	68.54	17.95	19.50	16.25	5.85	13.64	12.69	16.07	6.32	7.93	5.74					
medelgödslande	NH ₄ N	NO ₃ -N	N-SUM	SO ₄ -S	KS-mätare	Bestockn.	Axräkn.	Planträkn.	Packning (Penetrometer)							
	kg/ha	kg/ha -96	kg/ha -96	kg/ha -96					0-20 cm	20-30 cm	30-50 cm					
Medelvärde	3.79	22.55	26.34	5.07	461.11	2.61	162.63	63.30	12.00	16.71	21.03					
Standardavvikelse	2.75	4.64	5.94	0.87	26.52	0.38	17.02	9.04	0.79	1.33	1.22					
Minsta värde	0.30	13.70	14.00	3.30	406.00	2.05	136.00	45.00	10.89	14.33	18.53					
Största värde	8.30	33.20	41.50	7.40	495.00	3.78	188.00	83.00	14.69	19.52	24.66					
Variationskoefficient	72.46	20.56	22.55	17.12	5.75	14.43	10.46	14.28	6.60	7.96	5.81					
störd gödsling	NH ₄ N	NO ₃ -N	N-SUM	SO ₄ -S	KS-mätare	Bestockn.	Axräkn.	Planträkn.	Packning (Penetrometer)							
	kg/ha	kg/ha -96	kg/ha -96	kg/ha -96					0-20 cm	20-30 cm	30-50 cm					
Medelvärde	4.48	24.56	29.04	5.37	463.61	2.71	177.61	66.56	11.66	15.69	21.31					
Standardavvikelse	2.87	3.17	3.93	0.80	28.45	0.34	24.50	12.13	0.65	0.98	1.21					
Minsta värde	0.30	15.70	21.30	4.10	402.00	2.23	138.00	39.00	10.60	14.12	19.20					
Största värde	9.60	30.10	35.50	7.10	507.00	3.54	231.00	82.00	13.23	17.61	23.64					
Variationskoefficient	64.17	12.89	13.53	14.81	6.14	12.46	13.80	18.22	5.56	6.23	5.70					
</																

Tabell 1, fortsättning													
samtliga	Plantor	Ax/m ₂	Cropscan-reflektans, våglängder										N-skörd
	per m ²		460 nm	510 nm	555 nm	620 nm	685 nm	710 nm	760 nm	810 nm	kg/ha		
	258.40	674.49	4.50	5.87	8.67	8.18	8.49	16.55	36.96	43.25	107.44		
	41.52	85.62	1.11	1.46	1.69	2.27	2.38	3.00	5.06	6.34	11.70		
	156.00	544.00	2.50	3.50	6.00	4.20	3.70	11.40	27.80	28.20	86.13		
	332.00	924.00	6.90	8.90	12.90	14.10	14.10	23.70	47.40	56.40	151.96		
	16.07	12.69	24.70	24.95	19.52	27.74	28.07	18.10	13.69	14.67	10.89		
medelgödslande	Plantor	Ax/m ₂	Cropscan-reflektans, våglängder										N-skörd
	per m ²		460	510	555	620	685	710	760	810	kg/ha		
	253.19	650.52	4.56	5.91	8.73	8.25	8.55	16.66	37.19	43.29	104.35		
	36.17	68.06	1.17	1.56	1.89	2.32	2.55	3.26	5.22	6.51	8.94		
	180.00	544.00	2.63	3.57	6.00	4.30	4.03	11.40	27.80	28.20	88.67		
	332.00	752.00	6.93	8.90	12.87	14.07	14.13	23.67	47.40	56.37	121.68		
	14.28	10.46	25.61	26.36	21.62	28.12	29.86	19.57	14.04	15.04	8.56		
störd gödsling	Plantor	Ax/m ₂	Cropscan-reflektans, våglängder										N-skörd
	per m ²		460	510	555	620	685	710	760	810	kg/ha		
	266.22	710.44	4.43	5.80	8.57	8.08	8.40	16.40	36.64	43.20	112.18		
	48.51	98.02	1.04	1.36	1.40	2.25	2.18	2.61	4.92	6.26	13.55		
	156.00	552.00	2.50	3.47	6.50	4.23	3.73	11.77	27.90	31.30	86.13		
	8.20	924.00	8.43	11.20	13.17	12.50	20.90	45.37	53.50	126.14	126.14		
	6.46	13.80	23.41	16.32	27.88	25.96	15.93	13.43	14.48	89.16	12.08		

Tabell 2. Analyser utförda på provpunkter i skifte 18E, 31 provpunkter varav 16 medelgödslande.																					
samtliga	pH	P-AL	P-HCl	K-AL	K-HCl	Mg-AL	Cu-HCl	Mull %	Ler %	Sand %	Skörd -95 ton/ha										
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g														
Medelvärde	6.75	7.18	55.19	9.50	209.71	12.67	13.60	2.00	26.71	29.26	7.44										
Standardavvikelse	0.12	5.03	11.86	2.23	58.02	3.75	4.49	0.64	6.41	11.44	0.72										
Minsta värde	6.50	3.90	42.00	6.20	105.00	6.20	6.90	1.10	13.00	14.00	6.00										
Största värde	7.00	33.00	111.00	18.30	412.00	21.90	26.60	3.80	40.00	72.00	8.50										
Variationskoefficient	1.70	70.02	21.49	23.49	27.67	29.59	33.03	32.08	24.00	39.09	9.63										
medelgödslande	pH	P-AL	P-HCl	K-AL	K-HCl	Mg-AL	Cu-HCl	Mull %	Ler %	Sand %	Skörd -95 ton/ha										
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g					mg/100g									
Medelvärde	6.79	8.31	57.06	9.50	205.75	11.88	13.66	2.01	25.63	29.19	7.38										
Standardavvikelse	0.13	6.75	15.79	2.90	73.18	3.06	5.39	0.75	6.95	8.82	0.81										
Minsta värde	6.50	5.50	46.00	6.20	105.00	6.20	6.90	1.10	13.00	14.00	6.00										
Största värde	7.00	33.00	111.00	18.30	412.00	17.00	26.60	3.80	40.00	50.00	8.50										
Variationskoefficient	1.85	81.25	27.68	30.49	35.57	25.76	39.42	37.49	27.11	30.21	10.93										
störd gödsling	pH	P-AL	P-HCl	K-AL	K-HCl	Mg-AL	Cu-HCl	Mull %	Ler %	Sand %	Skörd -95 ton/ha										
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g					mg/100g									
Medelvärde	6.72	5.98	53.20	9.50	213.93	13.53	13.53	1.99	27.87	29.33	7.50										
Standardavvikelse	0.09	1.54	5.09	1.30	37.95	4.31	3.48	0.52	5.79	14.03	0.63										
Minsta värde	6.60	3.90	42.00	7.20	145.00	8.60	9.60	1.40	19.00	14.00	6.50										
Största värde	6.80	9.50	61.00	11.50	290.00	21.90	20.40	3.40	37.00	72.00	8.50										
Variationskoefficient	1.40	25.78	9.56	13.64	17.74	31.89	25.74	26.31	20.79	47.84	8.36										

Utställare vid Precisionsodling '98

Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998

AnalyCen

Mattias Frick
AnalyCen
Box 244
532 23 Skara

Partek Nordkalk

Anneli Kilstrand
Lundavägen 151
212 24 Malmö

LH Agro

Mårten Magnusson
Lilla Östergatan 33
271 34 Ystad

Novartis

Bengt Liljedahl
Box 56
596 22 Skänninge

LMB

Henrik Andersson
Box 174
201 21 Malmö

ODAL

Carolin Andersson
Box 905
601 19 Norrköping

Metaplan

Sture Pettersson
Maria Norbüs väg 2
311 97 Falkenberg

Väderstad

Bengt Gustavsson
590 21 Väderstad

NoAB

Tomas Rhen
Veddestavägen 17
175 63 Järvfälla

Överum

Ingemar Svensson
590 96 Överum

Förteckning över utgivna rapporter i serien *Precisionsodling i Väst, Tekniska rapporter*:

1. Gustafsson, K., Jonsson, A., Klint, S., Lindén, B., Nissen, K., Roland, J., Sahlberg, P.-Å., Ströman, M., Thylén, L. & Åfors, M. 1998. Rapport från en studieresa till norra Tyskland. *Precisionsodling i Väst*.
2. Thylén, L. & Algerbo, P.-A. 1998. Teknik för växtplatsanpassad odling
- Sjöfartsverkets korrektionssignal för DGPS
- Spridningsteknik för platsspecifik gödsling.
3. *Precisionsodling '98*. Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998. Redovisning av föredrag avseende precisionsodlingens möjligheter, utveckling och problem. Red.: Börje Lindén. Skara 1999.